

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE BLIDA SAAD DAHLEB  
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE DE BLIDA

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE POUR L'OBTENTION DU  
DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN AERONAUTIQUE



Option : Opération aérienne

*THEME*



*Autopsie de system EGNOS  
et son eventuel  
interet pour le système ATC futur de  
l'Algérie*



Présenté par :

**BOUAMRANI Farid**

Dirigé par :

promoteur: **Mr. SOUFI.D**  
Copromoteur: **Mr. DRIOUCHE.**

-----Promotion 2007-----

## Résumé :

Le trafic aérien commercial a véritablement commencé après la seconde guerre mondiale. Au niveau mondial, le trafic a été multiplié par 225 en 60 ans, avec un taux de croissance annuel de 9,4 % et pour faire face Des améliorations structurelles et opérationnelles n'ont jamais cessé d'être apportées au système, en vue de l'adapter à des contraintes de plus en plus sévères, en augmentation le nombre des secteurs et réduisant les séparations dans le but d'augmenter la capacité mais Il y a tout lieu de penser que la diminution du volume d'espace affecté à chaque secteur de contrôle finira par trouver ses limites lorsque le trafic recommencera à croître dans les années à venir. L'automatisation de contrôle de trafic aérien avec les deux concepts free flight et le free route et les différents projets soutenu par les différentes organisations internationales comme l'OACI ou régionales comme le FAA, le JAA et le CEAC ou l'ASECNA et développée dans les centres et laboratoires de recherche comme c'est le cas pour l'AERA (1,2,3) par le MITRE CASSAD, l'ARC 2000 d'eurocontrol ou le SESAR, le SAINTEX, ERATO et d'autres comme le TRACFA et l'expérience Algérienne dans l'automatisation de l'ATC, ou les systèmes embarqués comme FREER et ATLAS dont le système satellitaire sera sans doute l'appui principal La navigation aérienne doit, elle aussi, relever le défi de la capacité avec les différentes constellations dans la première étape de GNSS se base sur le GPS Américaine et un degré moins le GLONASS russe qui sont des systèmes militaires qui représentent un système non totalement fiable et sûr pour l'aviation civile et de la vient la nécessité de corriger et augmenter leurs signaux par des différentes solutions SBAS, GBAS, ou le SBAS ) .Le système GNSS SBAS EGNOS offrira, « à l'horizon 2005/2006 », un service de navigation robuste et sûr pour les phases en route jusqu'à des opérations de type approche avec guidage vertical de niveau APV II, et qui pavera le chemin pour le Européen de l'indépendance en matière de navigation par satellite le GALILEO. L'Algérie avec sa position géographique dans le bassin méditerranéen et l'Afrique et les différentes contraintes due à son espace aérien et à la nature de son trafic aérien et l'organisation de son ATC pourra profiter des différentes avantages économiques et opérationnels de ce system Européen et meme dans les autres domaines tout en prenant des mesures nécessaires et adapter son espace et system ATC pour accueillir ce system

## Summary:

The commercial air-traffic began truly after World War II. universally, the traffic has been multiplied by 225 in 60 years, with a yearly growth rate of 9,4%, and in order to face structural and operational improvements never stopped being brought to the system, and in order to adapt it to more and more stern constraints while increasing the number of sectors and while reducing separations in the tip to increase the capacity, It is necessary to think always that the reduction of the affected space volume of every control sector will end up finding its limits when the traffic will restart to grow next years. The automation of the air-traffic control with the two concepts "free flight " and "free routes " and the different projects sustained by the different international organizations such as OACI, or regional ones such as FAA, JAA and CEAC or ASECNA, is developed in the research centers and laboratories as is the case for AERA(1,2,3) by MITER CASSAD, Eurocontrol's ARC 2000 or SESAR, SAINTEX, ERATO and others as TRACFA. the Algerian experience in the automation of ATC, or in the embarked systems like FREER and ATLAS whose satellite system will probably be the main support; the aerial navigation must raise the challenge of the capacity with the different constellations in the first stage of GNSS being based on the American GPS and to a less degree the Russian GLONASS which are the military systems that represent a system not completely reliable and sure for the civil aviation and from there comes the necessity to correct and to increase their signals by different solutions (SBAS,GBAS, or SBAS). The GNSS SBAS EGNOS system, operational since 2006, will offer a robust and sure navigation service for under way phases until approach type operations vertical guidance of APV II level, and that will pave the shod for the European independence concerning navigation by GALILEO satellite. Algeria will be able, with its geographical position in the Mediterranean basin in Africa and the different constraints due to its aerial space and to the nature of its air-traffic and with the organization of its ATC, to take benefit of the different economic and operational advantages of this European system and even in the other domains while taking the necessary measures and while adapting its space and ATC system to welcome this system

REMERCIEMENTS :

Je tiens à témoigner ma reconnaissance et ma soumission à mon Dieu et créateur, qui sans sa volonté rien n'aurait été possible ;

C'est au terme du projet que j'adresse mes vifs remerciements et mon profond respect à mon promoteur et Mr SOUFI Djamel pour son soutien infaillible, ses conseils avisés et l'honneur qu'il m'a fait en m'accordant sa confiance, durant cette année riche en émotion et enseignements car c'est auprès des hommes qu'on devient un homme et c'est auprès des sages qu'on devient sage. Je remercie également mon co-promoteur et enseignant Mr DRIOUCHE Mouloud

Je remercie également les membres des jurys pour l'honneur qu'ils m'accordent en acceptant de juger mon travail,

Après ya Si Farid tu peux écrire ceux que tu veux avec des termes  
simples.....  
.....(matensaniche)

## Sommaire

**Remerciements.**

**Dédicaces.**

**Glossaire.**

.

**Summary.**

**Résumé.**

**Introduction générale.**

**Introduction sur la navigation.**

**Introduction d'EGNOS.**

**Définitions.**

**Chapitre I présentation de control de trafic aérien (ATC).**

**I-1. L'évolution du trafic aérien régulier mondial.**

**I-2. Le contexte du problème.**

**I-3. L'ATC et le concept CNS/ATM.**

**I-3.1. Les communications.**

**a). Les systèmes de communication actuels.**

**b). Les nouveaux systèmes de communication.**

**I-3.2. La navigation.**

**a). les systèmes actuels de navigation.**

**b). Les nouveaux systèmes de navigation.**

**I-3.3. la surveillance.**

**a). Les systèmes de surveillance actuels.**

**b). Les nouveaux systèmes de surveillance.**

**Chapitre II : L'automatisation de l'ATC et son support satellitaire.**

**II-1. La nécessité d'automatisation.**

**II-2. L'automatisation dans l'avion (Free Route).**

**II-3.L'automatisation des systèmes de contrôle aérien (Free Flight).**

**II-3.1.L'automatisation de l'ATC.**

**II-3.2.Le domaine d'application**

**II-4.L'impact de l'automatisation.**

**II-5.L'automatisation de l'ATC et le system satellitaire.**

**II-5.1.Navigation par satellite.**

**II-5.2.Communications par satellite.**

**II-5.3.Surveillance par satellite.**

**II-6.Le facteur humain et l'automatisation de l'ATC.**

**Chapitre III les différentes organisations et leurs apports à l'automatisation de l'ATC**

**III-1.Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).**

**III-1.1. Présentation et organisation.**

**III-1.2.Le concept FANS (Futur Air Navigation System).**

**III-2.Federal Aviation Administration.**

**III-3.La MITRE CASSAD (Centre pour le développement du système de l'aviation**

**avancée).**

**III-3.1. Présentation.**

**III-3.2.Défis pour la MITRE.**

**III-3.3. Le projet AERA.**

**III-4. Le comité Européenne de l'aviation civile (CEAC)**

**III.4.1 Présentation**

**III.4.2.ATM 2000+ et les stratégies de la navigation pour ECAC**

**III-5.EUROCONTROL ou Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne**

**III.6. Agence spatiale européenne**

**III-7. Le projet « SESAR »**

**III-8. Le projet ERATO**

**III-9. ARC2000 et ses dérivés**

**III-10. Le projet SAINTEX :**

**III-11. Des systèmes distribués (avions autonomes et séparations embarquées)**

**III-12. L'agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à**

**Madagascar (ASECNA) et le projet ATMO2**

**III-12.1. Présentation de L'agence.**

**III-12.2. Projet ATMO2 : Automatisation des centres.**

**Chapitre IV le GNSS (Geostationary navigation)**

**IV-1. Vue d'ensemble du système du satellite de la navigation globale**

**IV.1.1. Présentation**

**IV.1.2. Principe de fonctionnement**

**IV.2. Le système du positionnement global (GPS)**

**IV.2.1. Présentation**

**IV-2.2. Inconvénients du GPS**

**IV.2.3. Principe du GPS différentiel (DGPS) :**

**IV-3. GLONASS :**

**IV.4. GALILEO :**

**IV.5. Les systèmes d'augmentation du signal :**

**IV.5.1. Les systèmes de bord de renforcement GNSS Airborne Based Augmentation**

**System (ABAS) :**

**IV.5.2.Les systèmes de renforcement GNSS par station sol GNSS  
Ground Based**

**Augmentation System (GBAS) :**

**IV.5.3.Les systèmes d'augmentation de la précision du  
positionnement par satellites**

**(Satellite-Based Augmentation Systems [SBAS]) :**

**a) WAAS (Wide Area Augmentation System):**

**b).MSAS (Multifunctional Transport Satellite-based  
Augmentation System)**

**c).D'autres SBAS dans le monde**

**IV.6.Les utilisations des ces systèmes dans la navigation**

**IV-7.Le GNSS et les approches**

**IV-7.1.La problématique du guidage vertical**

**IV-7.2.L'APV BaroVNAV**

**a).La standardisation des procédures APV/BaroVNAV**

**b).Les difficultés liées à l'approbation opérationnelle de  
l'APV/BaroVNAV**

**IV-7.3.Les APV GNSS**

**a)Les principales caractéristiques des APV I – II**

**b).Les difficultés liées au taux d'équipement des flottes**

**IV-7.4 :L'avenir pour les APV GNSS**

**Chapitre V : EGNOS : European Geostationary navigation overlay  
system (système européen de navigation par recouvrement  
géostationnaire)**



**V-1.Présentation**

**V-2.organisation de système EGNOS**

**V-3.Le programme EGNOS**

**a).Le cadre institutionnel**

**V-3.1La phase préparatoire à l'exploitation**

**b).Le cadre contractuel**

**V-3.2 L'exploitation initiale**

**a).La phase 1 de mise en place (mi 2005 à début 2006)**

**b).La phase 2 de stabilisation (début 2006 à mi 2006)**

**c).La phase 3 de qualification des opérations (mi 2006 à fin 2006)**

**V-4.Financement d'EGNOS**

**V-5.Les différents scénarios du système EGNOS**

**V-5.1.L'origine Scénarios.**

**V-5.2.Les différents Scénarios .**

**a).Scénario 1 - Rehaussé DME.**

**b).Scénario 2-EGNOS AOC.**

**c).Scenario 3 - EGNOS FOC (Full Operation Capacity).**

**V-6.Le fonctionnement du système EGNOS.**

**V-7.Architecture de système EGNOS.**

**V-8.Le test de system EGNOS (ESTB).**

**V-9.L'apport de system EGNOS.**

**V-9.1.Institutionnel**

**V-9.2. Economique**

**V-9.3.Dans le domaine maritime.**

**V-9.4.Le transport routier.**

**V-9.5.Un temps standard.**

**V-9.6.Des utilisations potentielles diverses.**

**V-9.7.Dans la domaine aéronautique.**

**V-9.8.L'apport opérationnel de system EGNOS.**

**V-10.EGNOS, précurseur de GALILEO.**

**V-11.Extension de la couverture d'EGNOS pour les opérations de navigation et de**

**surveillance**

**V-12.EGNOS en Afrique.**

**Chapitre VI Impact sur l'ATC en Algérie.**

**VI-1.Présentation de l'ENNA**

**VI-1.2.Les missions de l'ENNA**

**VI-1.3.L'organisation de l'ENNA**

**a).Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne  
DENA .**

**b).Département de la Circulation Aérienne (DCA).**

**1).Le Service Etude et Développement (SED)**

**2).Le Service Contrôle et Coordination (SCC).**

**3).Service Qualification (SQ).**

**VI-2.Présentation de l'espace aérien algérien.**

**VI-3.Présentation de l'ATC en Algérie**

**VI-3.1. les aérodromes.**

**a).Classification des aérodromes.**

**b).Projet IEBA.**

**VI-3.2.Le réseau des routes.**

**VI-4Concept CNS/ATM en Algérie.**

**VI-4.1.Communication.**

**VI-4.2.Navigation.**

**VI-4.3. Surveillance.**

**VI-4.4.Moyens de simulation ATC.**

**VI.4.5.Environnement et disponibilité.**

**VI.5.Evolution de trafic aérien Algérien.**

**VI.5.1.Trafic route.**

- a) **Survol sans escale.**
- b) **Survol avec escale.**
- c).**Vols Internationaux.**
- d).**Vols Nationaux.**
- e) **prévision de trafic.**

**VI.5.2.Trafic aérodrome.**

- a) **.Trafic commercial.**
- b) **.Trafic non commercial.**
- c).**Evolution du trafic aérodrome de 2001 à 2006.**
  - 1).**Mouvements commerciaux**
  - 2).**Nationaux.**
  - 3).**Internationaux.**
  - 4).**Mouvements non commerciaux.**
- d).**Analyse de trafic par aérodrome (2003-2006).**

**VI.6.Structure de revenu pour l'ATC Algérien /relation avec la navigation.**

**VI-7.L'expérience Algérienne dans l'automatisation de l'ATC (TRACFA).**

**VI-7.1.Projet TRAFCA : Traitement Automatique des Fonctions de la Circulation**

**Aérienne.**

**VI.7.2.Objectifs du projet TRAFCA.**

- a)**La partie SYRAL.**
- b).**La partie SAACTA.**

## **VI-8.L'Apport de system EGNOS.**

**VI-8.1.Opérationnels.**

**VI.8.2. Economiques.**

**VI-8.3. Autres avantages.**

**VI-8.4. EGNOS un éventuel support satellitaire pour le projet TRACFA.**

**VI-9.L'utilisation de system EGNOS en Algérie et les conséquences éventuelles.**

**VI-9.1.Les scénarios applicables en Algérie.**

**VI-9.2.Impact sur l'organisation de l'espace aérien Algérien.**

**.1).Contrainte de temps de passage minimum.**

**2). Contrainte de distance minimum (au sens des routes).**

**3).Contrainte de convexité (au sens des routes).**

**4).Contrainte de connexité de secteur.**

**VI-10.L'Algérie et EGNOS.**

**VI-10.1.Les obstacles à l'utilisation des GNSS comme aides à la navigation**

**aérienne en Algérie sont notamment les suivants**

**VI-10.2.Les mesures à prendre en cas d'application de GNSS en Algérie.**

**VI-10.3.Dans quel cadre l'Algérie agira pour profiter des services d'EGNOS.**

**1) GNSS région AFI.**

**2) projet EuroMed transport.**

**3).Le projet METIS (MEditeTerranean Introduction of GNSS Services)**

**4).Dans le cadre du comité arabe de l'aviation civile (CAAC).**

**VI-10.4.Mesures a prendre en cas d'implantation d'EGNOS en Algérie.**

**Conclusion.**

**Références bibliographiques.**

**Liste des planches.**

**Sites Internet.**

**Annexes.**



*Dédicaces*

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à :

*\*A ceux qui mon élevé, veillé sur moi, Aimé, entouré  
d'affection et de tendresse, et qui mon soutenu durant*

*mes années d'études :*

*\*Ma chère mère et mon père*

*\*A ma sœur et mes deux frères*

*\*A toutes mes amis de Cherchell, ENPEI, ENP, EPAU, IAB,*

*l'université de Blida.*

*\*Aux personnes qui sont toujours à mes coté aux moments  
difficiles*

*\*A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

*Farid*







## 1) Listes des figures :

Numéro de la figure	Nom de la figure
Fig.I.1	Les systèmes de communication actuels
Fig.I.2	Les systèmes futurs de communication
Fig.I.3	Les systèmes de navigation actuels
Fig .I.4	Les futurs systèmes de navigation
Fig. I.5	Les systèmes de surveillance actuels
Fig .I.6	Les nouveaux systèmes de surveillance
Fig IV.1 :	Principe de DGPS Principe de fonctionnement de GBAS
Fig IV.2	couverture de : MSAS, WAAS, CWAAS, EGNOS
Fig.IV.3	les différents SBAS dans le monde
Fig.IV.4 :	l'utilisation des augmentations dans les différentes phases du vol
Fig IV.5 :	Les statistiques des accident et incidents en fonction de phase du vol 1995-2004
Fig.IV.6 :	Architecture de system EGNOS
Fig .V.1	EGNOS TRAN
Fig.V.2	Extension de couverture EGNOS en Afrique EGNOS en Egypte
Fig.V.3	Les stations EGNOS en Afrique Carte des FIR's de l'espace aérien Algérien
Fig .v.4	Carte des aérodromes en Algérie
Fig.V.5	Carte Réseau des routes internationales passant par l'Algérie
Fig VI.1	Carte de réseau des routes nationales
Fig VI.2	Carte de Couverture actuelle de VHF en Algérie
Fig .VI.3	Carte de couverture Radar en Algérie
Fig VI.4.	Extension de service GNSS dans le bassin méditerranée
Fig.VI.5.	
Fig.VI.6.	
Fig.VI.7.	

## **2) Liste des tableaux :**

Numéro du tableau	Le nom du tableau
Tableau.VI.1 :	Les secteurs Actuels
Tableau VI.2.	Les moyens de communication en Algérie
Tableau .VI.3.	Les VHF en Algérie (Nombre /Emplacement)
Tableau VI.4.	Les aides à la navigation en Algérie
Tableau.VI.5	Les équipements de surveillance en Algérie
Tableau .VI.6.	Les Radars et leur emplacement en Algérie
Tableau.VI.7	Les moyens de simulation ATC
Tableau .VI.8.	Prévision de trafic en route (2003-2012) Evolution du trafic aéroport de 2001 à 2006 .Le trafic par aéroport de 2003-2006
Tableau.VI.9.	
Tableau .VI.10	Le trafic dans les différents aéroports
Tableau.VI.11.	

## **3) Liste des graphes**

Numéro du graphe	Le nom du graphe
Grphe I.1 :	projection de trafic 1992-2010
Grphe.VI.1	.Evolution de trafic aérien En-Route 2003-2006
Grphe.VI.2.	Les prévisions de trafic En-route 2003-2012
Grphe .VI.3	Evolution de trafic aéroport 2001-2006
Grphe.VI.4.	Evolution de Trafic par aéroport global 2003-2006
Grphe.VI.5.	Evolution de trafic par Aéroport :
Grphe .VI.6.	Les taux de participations des aéroports dans le trafic global
Grphe.VI.7	structure de revenu ATC Algérien
Grphe .VI.8	Structure de revenu ATC /navigation 2000-2002

## **4) Liste des photos :**

Numéro de la photo	Le nom de la photo
<b>Ph.VI.1.</b> <b>Ph.VI.2</b>	<b>Simulateur d'aérodrome</b> <b>Simulateur de route (Centre CQRENA)</b>

## **Définitions :**

### **Aérodrome contrôlé :**

Aérodrome où le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré au bénéfice de la circulation d'aérodrome.

### **Autorisation du contrôle de la circulation aérienne :**

Autorisation accordée à un aéronef de manoeuvrer dans des conditions spécifiées par un organe du contrôle de la circulation aérienne.

### **Centre de contrôle régional :**

Organe chargé d'assurer le service du contrôle de la circulation aérienne pour les vols contrôlés dans les régions de contrôle relevant de son autorité.

### **Centre d'information de vol :**

Organe chargé d'assurer le service d'information de vol et le service d'alerte.

### **Circulation aérienne :**

Ensemble des aéronefs en vol et des aéronefs évoluant sur l'aire de manoeuvre d'un aérodrome.

### **Contrôle en route :**

Il s'agit du contrôle à l'extérieur des zones entourant les aéroports (dans ces zones, on parle de contrôle d'approche). Les avions utilisent alors le plus souvent des routes pré-établies, les couloirs aériens (en anglais airways). Ces couloirs sont des tubes de sections rectangulaires, entourant des segments de droites, aux intersections desquels sont situées des balises. C'est souvent autour de ces balises qu'apparaissent des conflits. Ces routes contournent les parties d'espace réservées aux militaires et permettent aux contrôleurs d'avoir une visualisation plus aisée de la situation spatiale des avions.

### **Contrôle d'approche :**

Service du contrôle de la circulation aérienne pour les aéronefs en vol contrôlé à l'arrivée ou au départ.

### **Continuité de service :**

La continuité de service est la probabilité que les performances seront atteintes pendant toute la durée d'un cycle d'opération (par exemple pendant une approche), à condition que les performances soient atteintes au début de l'opération.

### **Conflit élémentaire :**

Deux avions sont dits en conflit quand ces avions ne sont plus séparés, c'est à dire quand les distances séparant leurs projections sur un plan horizontal et sur un plan vertical sont inférieures respectivement à la séparation standard horizontale et à la séparation standard verticale. De façon plus générale, si l'on se fixe une durée T, deux avions seront dits en conflit potentiel pendant T si durant le temps T ils ont une probabilité non nulle d'être en conflit.

### **Disponibilité :**

La disponibilité du service est la probabilité que le service soit rendu au début de chaque cycle d'utilisation (par exemple pour une approche).

### **Espace aérien contrôlé :**

Espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel le service de contrôle de la circulation aérienne est assuré selon la classification des espaces aériens

Note. — Le terme espace aérien contrôlé est un terme générique désignant les espaces aériens ATS des classes A, B, C, D et E.

### **Espace aérien à service consultatif :**

Espace aérien de dimensions définies, ou routes désignées, ou le service consultatif de la circulation aérienne est assuré

### **Espaces aériens des services de la circulation aérienne :**

Espaces aériens de dimensions définies, désignés par une lettre de l'alphabet, à l'intérieur desquels des types précis de vol sont autorisés et pour lesquels il est spécifié des services de la circulation aérienne et des règles d'exploitation.

### **Intégrité**

Assurance que l'ensemble des fonctions d'un système est assurée dans les limites opérationnelles et que le système est capable de fournir des alertes à l'utilisateur dans les temps impartis lorsque le système ne peut plus être utilisé.

L'intégrité représente donc la confiance qui peut être accordée à la validité des informations fournies par le système.

### **Instructions du contrôle de la circulation aérienne :**

Directives données par le contrôle de la circulation aérienne demandant au pilote d'exécuter des manoeuvres particulières.

### **Route aérienne :**

Projection à la surface de la terre de la trajectoire d'un aéronef, trajectoire dont l'orientation, en un point quelconque, est généralement exprimée en degrés par rapport au nord (vrai, magnétique ou grille).

### **Route ATS :**

Route déterminée destinée à canaliser la circulation pour permettre d'assurer les services de la circulation aérienne.

### **Route à navigation de surface :**

Route ATS établie à l'usage des aéronefs qui peuvent utiliser la navigation de surface.

### **Route à service consultatif :**

Route désignée le long de laquelle le service consultatif de la circulation aérienne est assuré.

Note. —Le service du contrôle de la circulation aérienne est plus complet que le service consultatif de la circulation aérienne. Les régions et routes à service

consultatif ne sont donc pas établies à l'intérieur de l'espace aérien contrôlé; néanmoins, le service consultatif de la circulation aérienne peut être assuré au-dessous et au-dessus des régions de contrôle.

### **Plan de vol :**

Il contient tous les éléments indicatifs décrivant le vol prévu pour un avion. Ces informations sont déposées avant le départ auprès des services ATC avec, notamment, les éléments suivants :

- L'heure de départ ;
- Le niveau de vol demandé pour la croisière ;
- La route prévue : elle est décrite par une série de balises.

### **Précision**

Degré de conformité entre la position ou la vitesse mesurée ou estimée à un instant donné et la position ou la vitesse réelle : la précision de position est généralement présentée comme la borne de l'intervalle de confiance à 95% de l'erreur de position.

### **Pseudo-distance :**

On appelle "**pseudo-distance**" une mesure indirecte de distance par la mesure de l'instant de réception d'un signal daté à l'émission, lorsque les horloges de l'émetteur et du récepteur ne sont pas synchronisées :

- lorsque les horloges à l'émission et à la réception sont synchronisées, la distance ( $D$ ) entre émetteur et récepteur peut se déduire directement de cette mesure ( $\Delta t$ ) sous réserve de connaître la vitesse moyenne ( $V$ ) de propagation du signal entre émetteur et récepteur ( $D = V \Delta t$ )

- lorsque le décalage des horloges est inconnu, le temps de propagation exact est inconnu, et le produit  $V \Delta t$  n'est pas une distance, mais une *pseudo-distance*.

Le décalage des horloges peut être introduit comme une inconnue supplémentaire dans un système d'équations d'observation : si l'on dispose d'assez de mesures, on peut calculer à la fois les coordonnées du récepteur et le décalage des horloges, et ainsi transformer la pseudo-distance en distance.

Un exemple classique est celui du GPS : les horloges des satellites étant synchronisées ("temps GPS"), il suffit de recevoir des signaux de quatre satellites pour disposer de quatre "pseudo-distances" (temps de parcours entachés de l'erreur de synchronisation de l'horloge du récepteur, multipliés par la vitesse de propagation) ; la résolution du système de quatre équations permet d'accéder aux quatre inconnues (les trois coordonnées du récepteur, et le décalage de son horloge avec le temps GPS).

Pour mesurer la pseudo-distance à un satellite, le récepteur GPS capte le signal émis par celui-ci en code C/A ou en code P. Chaque satellite a un algorithme de génération pseudo-aléatoire de signal différent, qui permet au récepteur de l'identifier, et de calculer le temps de transmission du message. Le code porté par ce signal est appelé marque horaire et l'algorithme en est connu du récepteur, qui, en juxtaposant (ou superposant) le code reçu à celui qu'il génère, est alors capable de mesurer le retard. C'est en multipliant ce dernier par la vitesse de l'onde que l'on peut apprécier la pseudo-distance.

### **Le «strip» :**

C'est une bandelette de papier sur laquelle sont imprimés les points caractéristiques d'un vol dans un secteur donné ainsi que l'heure et le niveau de leur survol.

### **Séparations standard :**

on définit une distance horizontale, qui est exprimée en milles nautiques (NM), la séparation horizontale, et une distance verticale, qui, elle, est exprimée en pieds (ft) : la séparation verticale. On dit que deux avions sont séparés quand la distance qui sépare leurs projections sur un plan horizontal est supérieure à la séparation standard horizontale OU quand la distance qui sépare leurs projections sur un plan vertical est supérieure à la séparation standard verticale. Ces séparations standard peuvent être différentes selon le type de zone dans laquelle se trouvent les avions. Dans le cas du trafic en route, qui nous occupe ici, la séparation standard horizontale est de 8 NM mais devrait bientôt descendre à 5 NM. La séparation standard verticale vaut 1000 ft au dessous du FL 290 et 2000 au dessus. Les vitesses seront exprimées en noeuds (kt), à savoir des milles nautiques par heure.



## Le WGS-84 :

Le système de coordonnées WGS-84 pour « **World Géodésie System 1984** » est un modèle conventionnel de la terre établi en 1984 à partir de données géométriques et gravitationnelles .Ce modèle considère la terre comme ellipsoïde ,et non sphérique ,contredisant ainsi les modèles précédents .

Ce modèle prend pour origine le centre de gravité de la terre, considérant son mouvement de rotation comme constant .L'ellipsoïde de référence est ainsi défini :

- Semi axe principale de 6378137 mètres ;
- constante gravitationnelles géocentrique  $GM = 398600,5 \text{ Km}^3 \text{ s}^{-2}$  (incluant l'atmosphère) ;
- Vitesse angulaire  $\omega = 7,292115 \cdot 10^{-11} \text{ rad/s}$ .

Le géoïde se réfère à une hypothétique extension du niveau moyen de la mer au dessus de la surface des terres, et l'ellipsoïde géométrique est déduit via des corrections calculatoire sur tous les points au dessus ou au dessous de ce point précis .Il est alors possible de placer un point en trois dimensions sur la surface de la terre .Le WGS-84 réponds au besoins actuels en matière de navigation et notamment de navigation de surface (RNAV) assortie d'une RNP.

En 1989,l'OACI à déclaré ce système : système géodésique standard de référence pour la navigation future en respect de l'aviation civile internationale,En 1994 ,elle a adopté l'Amendement 28 de l'annexe 15 qui précise ce choix .

Le degré de précision requis dans 'aviation civile est déterminé dans l'annexe 11 de l'OACI, varie entre 0.5 mètres (sur taxiway) ,3 mètres (pour une approche finale) et 2Km (zones frontalières particulières)

## **Introduction :**

Le trafic aérien en Algérie qui ne cesse pas d'augmenter qui à passer de 135768 vols en 2003 à 151283 vols en 2006 avec un taux de 11,42 % élevé au niveau moyen de croissance mondial et on prévoit que le trafic aérien en 2012 sera de 203117 vols soit avec un taux de croissance 49,6 % par rapport à 2003, et une infrastructure aéroportuaire de 36 aérodromes que seul 16% de ces aérodromes qui représentent 71% de trafic réalisé par l'ensemble des aérodromes et un trafic aérien national qui représente 40% de trafic global des aérodromes mais apportant seulement 1% de revenu pour l'ATC Algérien , l'ENNA à mis un programme d'automatisation de control de trafic aérien TRACFA qui a pour ambitions principales répondre aux besoins et aux défis futurs due à ces différentes contraintes .La navigation aérienne doit, elle aussi, relever le défi de la capacité., dont EGNOS (European geostationary navigation overlay system, soit Système européen de complément à la navigation géostationnaire) pourra contribuer au développement de l'ATC algérien et être à la fois un appui pour le projet TRACFA

Le système GNSS SBAS EGNOS offrira, « à l'horizon 2005/2006 », un service de navigation robuste et sûr pour les phases en route jusqu'à des opérations de type approche avec guidage vertical de niveau APV II, notre étude consiste à étudier les éventuelles apports de ce système Européen dont son signal couvre l'Afrique entière pou l'Algérie

Elle était organisée comme suite :

Nous avons présenté quelques définitions dont on a jugé nécessaire pour mieux comprendre le reste des chapitres

Dans le premier chapitre nous avons présenté le contrôle de trafic aérien en précisant l'évolution de trafic aérien dans le monde sa relation avec le concept CNS/ATM et le contexte de problème qui à mener à l'automatisation de contrôle de trafic aérien qui était l'objet de deuxième chapitre dans lequel on a préciser la nécessité d'automatisation et ces différents aspects contrôle Free route et free flight et on a introduisant la notion de GNSS et son apport pour l'automatisation de l'ATC avec la présentation des différents organismes internationaux et régionales ,centres de recherches leurs différents projets d'automatisation dans le chapitre trois (03)

Le chapitre quatre est consacré à l'étude détaillée de la navigation par satellite avec les différentes constellations formant le GNSS (GPS, GLONASS et le futur GALILEO et les augmentations de ces systèmes (ABAS, SBAS, GBAS) en introduisant la notion des approches verticales, les approches GNSS leurs caractéristiques et importance

Dans le cinquième chapitre (05) nous avons mit le system EGNOS sous un microscope pour financement les moindre détails de ce system en analysant son architecture, son financement, ces différents scénarios , les tests effectuer sur ce système on a concentré sur ces différents apports dans les différents domaines en insistant sur celles de domaine aéronautique et opérationnels ,en terminant ce chapitre par le TRANSEGNOS ou l'extension de service EGNOS dans l'Afrique dont l'Algérie pourra profiter

En terminant avec le chapitre six (06) qui est une description succincte du contrôle aérien Algérien, de son organisation et les différents moyens utilisé pour mieux gérer cet espace aérien avec la présentation de l'organisme délégué en Algérie pour le contrôle de trafic aérien ENNA, nous avons aussi présenter le projet promoteur en Algérie de l'automatisation de l'ATC TRACFA ,et enfin le système EGNOS et ce qu'il pourra apporter pour l'ATC Algérien en étant un système de navigation performant ,une solution sure pour les approches verticales et un éventuel support au projet TRACFA et son impact sur l'organisation de l'espace aérien en proposant les démarches et les dispositions pour l'exploitation de ce system en Algérie .

La plupart des tableaux de statistiques de trafic, et les différents satellites composants de GNSS sont détaillés en annexes pour alléger le côté technique du corps principal de la thèse et, de cette façon, en faciliter la lecture

## INTRODUCTION GENERALE :

Le transport aérien est l'un des secteurs économiques majeurs et un fournisseur de services indispensables à une grande variété d'activités économiques et de loisirs. Le trafic aérien est un secteur en pleine croissance. Cette forte croissance devrait continuer à des taux de, respectivement, 7,6, 6,5 et 6,2 % en 2005, 2006 et 2007. La hausse du trafic variera selon les régions en fonction des facteurs locaux, intrarégionaux et interrégionaux. Pour la période 2005-2007, le trafic des compagnies du Moyen-Orient devrait afficher le taux de croissance annuel moyen le plus élevé, soit environ 10,9 % (11,8 % en 2005, 12 % en 2006 et 8,8 % en 2007). Les compagnies de la région Asie/Pacifique devraient connaître une croissance soutenue du trafic, qui serait supérieure à la moyenne mondiale, pendant toute la période. Les marchés des compagnies européennes et nord-américaines devraient progresser, respectivement, de plus de 7 et 6 % en 2005, il est prévu que les taux de croissance restent un peu plus faibles en 2006 et 2007. On s'attend à ce que le trafic des compagnies de l'Amérique latine et des Caraïbes ainsi que de l'Afrique connaisse une progression légèrement inférieure à la moyenne mondiale pendant cette période. En ce qui concerne l'Algérie, le trafic aérien en mai 2005 était de 349401 passagers et 362977 en mai 2006 avec un taux de croissance de 3,74%, et pour ainsi dire ininterrompue.

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, deux facteurs ont joué un rôle déterminant dans l'essor de l'aéronautique: le premier facteur est le dynamisme de l'économie de reconstruction d'après-guerre, en Europe notamment. Le second facteur et le plus important, consiste en les spectaculaires progrès techniques réalisés par l'industrie aéronautique dans un climat de guerre froide. Mais en contrepartie, cette croissance a posé un problème dans la gestion de l'espace aérien, qui, pour rappel, pourrait accueillir un trafic de densité très supérieure –dans un facteur de 100 –à celle que l'on constate aujourd'hui, sans pour autant diminuer les séparations actuelles, longitudinales, latérales et verticales entre avions.

Cependant le facteur qui limite l'accroissement de cette densité de trafic tient d'abord à la saturation des capacités de contrôle de la navigation aérienne, notamment dans certaines régions du monde telles que l'Europe de l'ouest ou les

Etats –Unis d'Amérique. Parmi les raisons conduisant à cette saturation, nous citerons :

-Le volume de l'espace théoriquement disponible qui se trouve réduit par un partage souvent inadéquat entre les utilisateurs civils et militaires ;

-La capacité des ressources humaines assurant le contrôle dans les airs ou dans les aéroports, .effectivement une équipe de contrôle ne peut pas gérer simultanément plus d'une vingtaine d'avions, ce qui conduit à diviser l'espace en morceau de plus en plus petits - les secteurs – au fur et à mesure que la densité de trafic augmente et/ou limiter la capacité si le nombre requis d'équipes de contrôle n'est pas disponibles ;

-Dans les zones de densité faible ou moyenne, les limitations de capacité peuvent provenir de ce que la position en temps réel et prévue des avions n'est pas connue avec précision des équipes de contrôle au sol, souvent par manque d'équipements de communications et de surveillance et dans une moindre mesure, par manque de navigation précise. Le contrôle peut alors devenir inexistant et doit prendre en tout état de cause des marges importantes de sécurité .Dans un cas comme dans l'autre, la densité maximale en avions reste faible.

A ces limitations des capacités de contrôle s'ajoutent les limites de la capacité d'accueil des aéroports, sans doute encore plus difficile à surmonter, vu les investissements importants que cela nécessite. En effet une piste d'aéroport est l'aboutissement (ou le départ) d'un entonnoir dans lequel le trafic vient se concentrer et voit ainsi son débit limité inévitablement par le nombre de pistes disponibles, sachant que pas plus d'un avion à la fois ne peut décoller ou atterrir d'une piste, le débit maximum ne pourrait excéder 40 mouvements par heure pour une même piste.

L'amélioration des technologies actuelles permet de repousser, pour un temps, ces contraintes, en parallèle la gestion du flux du trafic en amont permet de limiter les dérapages et la saturation complète des systèmes.

## **Introduction sur la navigation aérienne :**

La navigation aérienne est l'ensemble des techniques permettant à un pilote d'aéronef de maîtriser ses déplacements. En général, cette route débute et se termine sur un aérodrome. La navigation aérienne est largement héritière de la navigation maritime et la terminologie utilisée est identique. Elle s'en distingue par le fait que l'avion peut survoler aussi bien des zones maritimes que des zones terrestres comportant des obstacles. La vitesse des avions est bien plus élevée que celle des navires et l'autonomie est limitée ; il en résulte que le calcul de la position, puis de la route à suivre, doit être effectué plus fréquemment et plus rapidement. Plusieurs méthodes de navigation sont toujours d'actualité à l'image :

La navigation à vue est pratiquée depuis les origines de l'aéronautique et reste encore le moyen le plus utilisé par l'aviation légère. Le pilote connaît sa position en cherchant au sol des repères qui figurent sur sa carte. La navigation à vue ne nécessite aucun instrument mais elle n'est praticable que lorsque les conditions météorologiques permettent de voir le sol. Il y a deux méthodes de navigation à vue :

Le cheminement et Navigation à l'estime. Le cheminement peut être utilisée chaque fois qu'une partie du parcours amène à longer un repère naturel ou artificiel (autoroute, rivière importante) pendant un certain temps. Il est important de choisir des bons repères, facilement visibles et reconnaissables, comme les fleuves, les autoroutes, les côtes, les voies ferrées importantes. Le principe de l'estime est simple : connaissant une position de départ, il s'agit de déterminer le cap à prendre et l'HEA pour arriver sur un point caractéristique ou sur un aérodrome. Il peut s'agir aussi, après un temps de vol à un cap donné, de déterminer la position de l'avion. Et en combinant ces deux méthodes on aura la méthode navigation par erreur systématique qui consiste à naviguer à l'estime en direction d'un repère facilement "cheminable" (côte maritime par exemple, fleuve etc.) mais très en amont (erreur systématique) du repère que l'on souhaite réellement atteindre, la destination par exemple. Il suffit alors de cheminer le long du premier repère.

Contrairement à la navigation à vue la Navigation aux instruments, est basée sur le suivi d'axes radioélectriques, ou situés entre deux waypoints RNAV. Dans ce cas, un équipement RNAV est nécessaire (GPS, FMS, boîtier RNAV, Centrale inertielle).

En plus de ces deux méthodes de la navigation d'autres méthodes sont moins utilisées et d'autres qui sont considérés comme le futur de la navigation et parmi ces méthodes :

La navigation astronomique destinée Pour les très longues distances, ce type de navigation, utilisée dans la marine, a également été utilisé en avion. Et la navigation inertielle dont on utilise un instrument appelé la centrale inertielle, qui dispose d'un ensemble d'accéléromètres et de gyroscopes capables de mesurer les accélérations et les vitesses de rotation selon les trois axes de l'espace. L'intégration de ces mesures au cours du temps permet de calculer la vitesse et l'attitude de l'avion et donc sa trajectoire.

La navigation satellitaire considéré comme l'avenir de la navigation ,originaire du berceau de l'aéronautique le pays des frères wreight, les États-Unis qui à partir de 1990 ont mis en place un système de navigation, le GPS, utilisant des balises sur satellites. Le principe de base est identique à celui de la radionavigation. En recevant l'émission en provenance d'une balise le récepteur calcule sa distance ; il est donc sur une sphère centrée sur le satellite. L'intersection de deux sphères donne un cercle ; l'intersection avec une troisième sphère donne deux points et enfin un point unique avec la réception d'une quatrième émission. L'avantage des systèmes satellitaires sur les systèmes classiques de radionavigation est son accessibilité et sa précision constante sur l'ensemble du globe terrestre. Le défaut principal du GPS est qu'il appartient au ministère de la défense des États-Unis et qu'il est susceptible d'être rendu indisponible sur simple décision politique. Sur le plan technique, les systèmes satellitaires de navigation sont actuellement les plus précis. Le très faible coût des récepteurs permet d'envisager l'équipement de tous les types d'aéronefs. Pour faire face aux dégradations de GPS plusieurs solutions sont envisageables et parmi ces solutions les différentes augmentations du signal avec les concepts (SBAS, GBAS, ABAS) ou simplement d'autres systèmes de navigation par satellite comme le GLONASS Russe ou le projet européen GALILEO dont EGNOS est la première étape dans un cadre générale le GNSS mondial.

## **I-1 L'évolution du trafic aérien régulier mondial :**

Le trafic aérien commercial a véritablement commencé après la seconde guerre mondiale. Au niveau mondial, le trafic a été multiplié par 225 en 60 ans, passant de 9 millions de passagers en 1945 à 2 milliards en 2005, avec un taux de croissance annuel de 9,4 %. Cette croissance peut sans doute être comparée à celle du trafic ferroviaire au dix neuvième siècle, ou du transport routier au vingtième : elle a suivi étroitement l'intense développement du réseau avec un nombre toujours plus grand de villes desservies par les compagnies aériennes et de fréquences proposées, permis notamment par la densification parallèle des infrastructures aéroportuaires et de navigation aérienne.

Les graphiques et les tableaux (voir annexes) représentent l'évolution du trafic mondial au cours des 20 dernières années (TKT : en tonnes km transporté pour inclure à la fois le trafic pax et le fret). Cette période ne correspond pas à une percée technologique majeure comme celle qui, au cours des décennies précédentes, a vu l'arrivée, puis la domination, des avions à réaction. Pourtant le trafic a encore doublé, avec un cercle vertueux de productivité : accroissement des taux de remplissage qui atteignait le 71,5 % dans la période 2000 et 2005 et 76% pour l'année 2006, et une attractivité toujours plus grande grâce à ce qu'il est coutume d'appeler une « connectivité » croissante tant en liaisons directes, y compris vers les destinations les plus lointaines, qu'en correspondances aisées dans les « hubs ».

La baisse de prix, résultat naturel de cet accroissement de productivité et d'une concurrence fortement promue par les pouvoirs publics à partir des années 1970, est estimée à 1 % par an. On estime qu'elle explique près du tiers de l'accroissement du trafic. Une autre constatation à laquelle amène l'observation de ces graphiques est la part croissante du trafic international, passée en passagers-km de 50 % en 1986, à 67 % en 2004 : les flux transatlantiques, et plus récemment vers ou depuis l'Asie, ont pris le relais du trafic intérieur des États-Unis. Cette croissance a connu des heurts, relativement vite absorbés. Sur la période récente, on pourra citer :

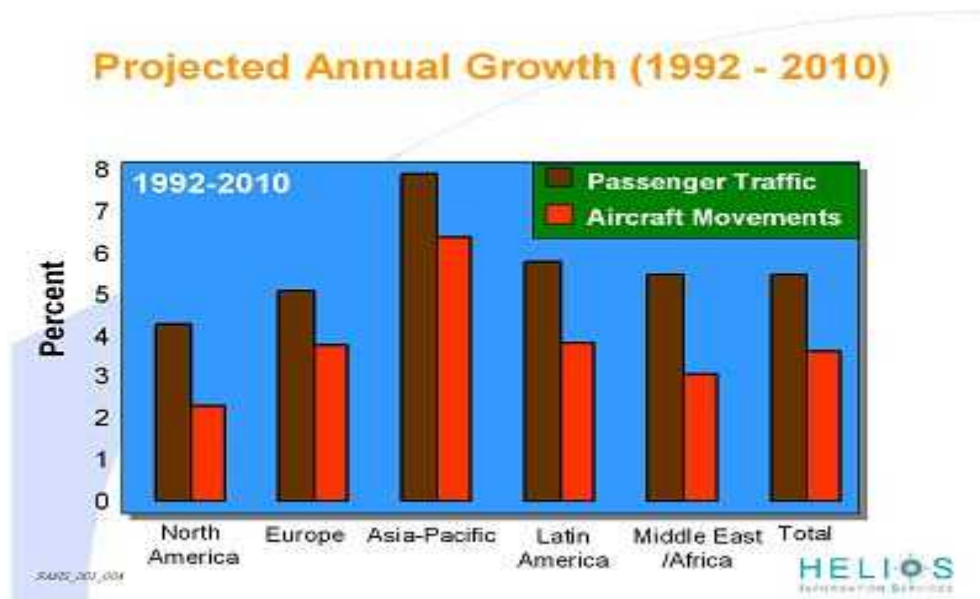


- Le premier choc pétrolier, qui a seulement ralenti la croissance du trafic mondial (4,6 % entre 1973 et 1975) ;
- Le deuxième choc pétrolier, plus sévère (croissance presque stoppée avec 0,5 % de taux annuel seulement de 1979 à 1982) ;
- La première guerre du Golfe, qui a provoqué la première baisse de trafic (-0,7% entre 1990 et 1993);
- Les évènements récents (11 septembre, SRAS, 2e guerre en Irak ...) ont stoppé la croissance du trafic entre 2000 et 2003, mais celui-ci s'est très vivement repris depuis.

A titre d'exemple en 2004, l'augmentation de la capacité globale a été inférieure à celle du trafic prévu. Ainsi, le coefficient de remplissage moyen sur le total des services réguliers (intérieurs plus internationaux) a été porté à 73 %, et le coefficient de chargement a atteint 62 %.

Au niveau régional, les transporteurs aériens nord-américains ont acheminé quelque 32 % du volume de trafic total (passagers/fret/poste). Les transporteurs aériens de la Région Asie/Pacifique en ont transporté 29 %, ceux d'Europe 27 %, ceux du Moyen-Orient 5 %, ceux d'Amérique latine/Caraïbes 4 % et ceux d'Afrique 2 %.

Les chiffres par pays montrent qu'en 2004, environ 42 % du volume total de trafic régulier passagers, fret et poste ont été acheminés par les transporteurs aériens des États-Unis, de l'Allemagne et de la Chine (à l'exclusion du trafic des Régions administratives spéciales de Hong Kong et de Macao), soit environ 32 %, 5 % et 5 % respectivement. Dans le cas des services internationaux, quelque 31 % du trafic total ont été acheminés par les transporteurs aériens des États-Unis, de l'Allemagne et du Royaume-Uni (environ 16 %, 8 % et 7 % respectivement).



**Graphe. I.1 : Projection de trafic 1992-2010**

Le rythme de croissance envisagé au niveau mondial par les organisations professionnelles convergent : 5,3 % par an pour Airbus, 4,8 % par an pour Boeing d'ici à 2025 en passagers-km ; un peu moins pour l'association des aéroports (voir annexes) (ACI) : 4,1 %, il est vrai en passagers, l'allongement de la distance moyenne des voyages expliquant en réalité l'écart. A plus court terme, (horizon 2010) les taux de croissance seraient encore plus élevés.

Les segments les plus dynamiques resteraient ceux qui concernent l'Asie (en particulier la Chine), avec des taux annuels de 7 à 8 % tant pour le trafic intérieur que pour le trafic international ; le trafic au départ de ou vers l'Europe, en partie tiré par les « nouveaux pays » de l'Union, pourrait également rester soutenu, à un rythme moindre cependant.

## **I-2-Le contexte du problème :**

Depuis sa création, le secteur du transport aérien est un domaine globalement en forte croissance (+ 50% en dix ans). Le trafic aérien ne cesse d'augmenter, causant des saturations de plus en plus fréquentes des systèmes de contrôle aérien. Pour parer à ces surcharges, de nombreuses solutions ont été envisagées, dont principalement : augmenter la capacité du système, ou adapter le trafic à la capacité existante.

Augmenter la capacité, c'est mettre en oeuvre des moyens permettant de prendre en charge plus d'avions dans l'espace contrôlé. Ce qui veut dire améliorer les méthodes de travail, tirer parti au maximum des technologies de traitement de l'information, mais aussi éventuellement engager plus de personnel, ou encore faire travailler plus les personnels disponibles.

Réguler le trafic en fonction de la capacité disponible, c'est imposé des contraintes aux opérateurs aériens, sur l'heure de départ, et éventuellement sur l'itinéraire et l'altitude de croisière des vols. On peut aussi tenter d'adapter le trafic aux ressources disponibles par des contraintes tarifaires, en augmentant les taxes d'atterrissage aux heures de pointe sur les aéroports saturés, comme à Londres par exemple. Depuis longtemps déjà, les organismes de la circulation aérienne ont mis en place des mesures de régulation du trafic pour éviter les surcharges du système de contrôle. Celles-ci sont plus rapides et plus faciles à mettre en oeuvre qu'une augmentation de la capacité, mais atteignent également leurs limites.

Les rapports de la Performance Review Commission d'Eurocontrol l'indiquent clairement : le système de gestion du trafic, dans sa conception actuelle, est structurellement saturé. A titre d'exemple, une augmentation d'un peu plus de six pour cent du trafic en 1999 s'est traduite par soixante-huit pour cent d'augmentation des retards dues à l'ATFM en-route.

Pour répondre aux besoins et aux défis futurs d'une industrie du transport aérien en pleine croissance, les différents acteurs de ce secteur économique vital doivent prendre des mesures dont l'objectif est de réorganiser la gestion du trafic aérien (ATM) mondial sous la forme d'un réseau flexible, harmonisé et homogène, indépendant des frontières nationales et constitué de blocs d'espace aérien fonctionnels (FAB) et d'optimiser l'utilisation et la capacité de l'espace aérien, de manière à réduire au minimum les restrictions liées au contrôle aérien et à maximiser le débit vers les aéroports. En outre, on remédiera à une large palette d'insuffisances dans le domaine ATM. Si certaines d'entre elles peuvent être résolues par des améliorations progressives des opérations actuelles, d'autres en revanche nécessiteront des changements plus fondamentaux, voire structurels basé sur les nouveaux systèmes CNS/ATM que nous allons évoquer succinctement.

L'objectif ultime est de répondre aux attentes du secteur ATM au-delà de l'horizon 2020

### **I-3 L'ATC et le concept CNS/ATM :**

L'ATM (Air Traffic Management, ou "Gestion du Trafic Aérien") est le processus opérationnel qui consiste à acheminer un avion à destination de manière sûre et efficace.

L'objectif explicite est de séparer les aéronefs, fournir les autorisations et des informations pour la sécurité, la régularité et l'efficacité des vols et d'assurer l'alerte en cas de besoin (Air Traffic Control, ATC), de gérer les espaces aériens (Air Space Management, ASM) et les courants de trafic (Air Traffic Flow Management, ATFM) de manière optimale. Les performances de l'ATM sont liées à la qualité des moyens mis en œuvre. On peut résumer ceci par l'équation:

$$\mathbf{ATM = ATC + ASM + ATFM}$$

Les moyens fondamentaux de soutien du système de gestion du trafic aérien ont été subdivisés par l'OACI en trois composantes (communication, navigation et surveillance) appelées "systèmes CNS".

#### **I.3.1. Les communications :**

##### **a). Les systèmes de communication actuels :**

Se classent en deux groupes : l'AMS (service mobile aéronautique) pour tout ce qui concerne les communications Air-sol ou Air-air, qui est supporté par les moyens HF ou VHF, et l'AFS (service fixe aéronautique) pour les communications Sol-sol, que ce soit entre les contrôleurs ou pour les besoins de la messagerie aéronautique (météo, plans de vol...).



**Fig.I.1 :Les systèmes actuels de communication**

### **b).Les nouveaux systèmes de communication :**

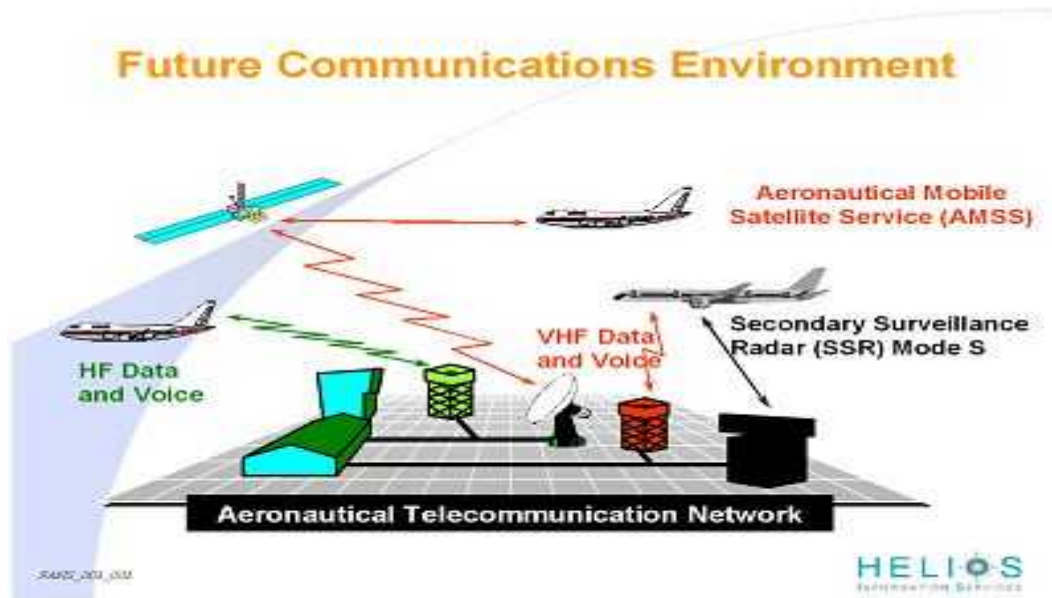
Ce nouveau concept des communications Air-sol se caractérise par l'introduction des communications par satellite et de divers moyens d'échanges de données codées, fédérés dans un concept unique de réseau de transmission par paquets.

Les communications Air - sol en VHF, qui ne se transmettent aujourd'hui que par la voix (à l'exception de l'ACARS) transmettront à l'avenir de la voix (entre pilote et contrôleur) et des données (entre calculateurs) sur des canaux différents.

Les communications par satellite (AMSS, Aeronautical Mobile Satellite Service) devront transmettre aussi bien les messages liés à la navigation et à la sécurité aérienne que ceux sans priorités (messages compagnie, téléphone passagers, etc.).

L'ATN (Aeronautical Télécommunications Network) est le réseau de demain de l'aéronautique. Universel et normalisé, il comprendra toutes les liaisons de messages codées air/sol et sol/sol destinées au contrôle de la circulation aérienne, et fédérera les sous réseaux hétérogènes VDL (VHF numérique).

HFDL (HF numérique), AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service) et MODE S (SSR nouvelle génération).

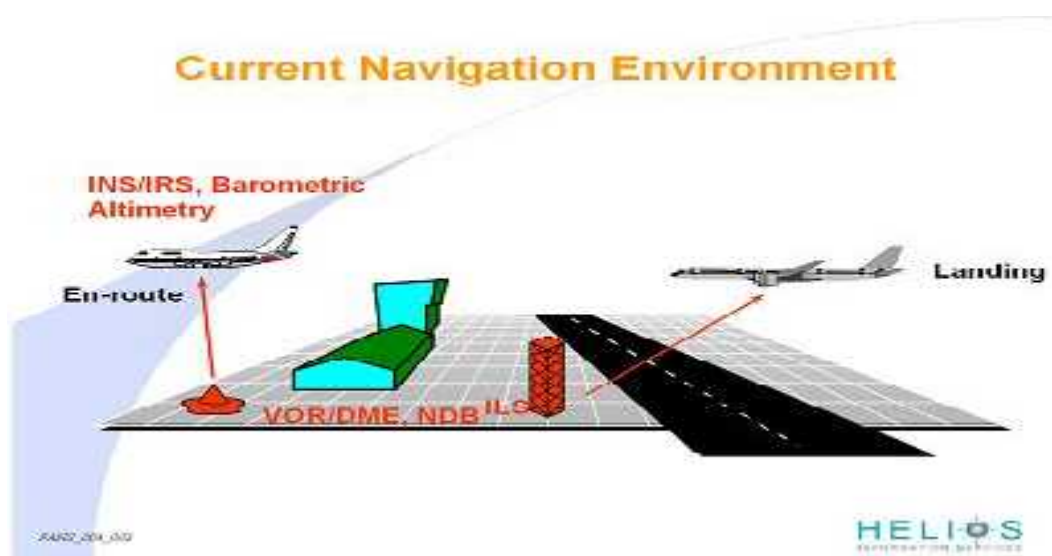


**Fig.I.2 : Les systèmes futurs de communication**

**1.3.2. La navigation :**

**a) les systèmes actuels de navigation :**

Est l'ensemble des moyens permettant à un aéronef de déterminer avec précision sa position. Elle est basée soit sur des moyens autonomes à bord (plates formes inertiels, GPS), soit sur des systèmes de radionavigation qui comprennent des stations émettrices au sol et des équipements de réception à bord (VOR, etc.).



**Fig.I.3 : Les systèmes de navigation actuels**

**b).Les nouveaux systèmes de navigation :**

La navigation nouvelle va se caractériser par deux traits principaux la navigation de surface (RNAV) et la navigation par satellite (GNSS).

La RNAV (Area Navigation), est la possibilité de choisir à bord de l'avion toute trajectoire, définie par ses coordonnées géographiques de ses extrémités, sans passer par des balises au sol. Sa précision est définie par la RNP (Required Navigation Performance).

En navigation par satellite, seul le système américain GPS (Global Positioning System), avec ses 24 satellites tournant sur des orbites à 20 000 Km d'altitude, fournit actuellement au monde entier un service d'une précision d'environ 100 mètres horizontalement et verticalement. S'il est révolutionnaire, il souffre cependant de divers défauts dans son utilisation civile : intégrité, précision, disponibilité et continuité (en IFR La précision est la mesure de l'erreur de position, laquelle correspond à la différence entre les positions réelle et estimée.

L'intégrité est la mesure de la confiance qui peut être accordée à l'exactitude des renseignements fournis par le système- L'intégrité comprend la possibilité qu'offre le système d'avertir l'utilisateur en temps opportun quand le système ne devrait pas servir à l'utilisation prévue. Le niveau d'intégrité propre à chaque phase de vol est exprimé sous la forme de seuils d'alerte horizontaux (et parfois verticaux) ainsi que de temps avant alarme.

La continuité repose sur la capacité du système (exprimée sous forme de probabilité) à s'acquitter de sa fonction pendant une utilisation précise. Par exemple, il doit y avoir une forte probabilité que le service demeure disponible tout au long d'une procédure d'approche aux instruments complète.

La disponibilité est la portion du temps pendant laquelle le système offre la précision, l'intégrité et la continuité requises, selon la phase de vol en question). (Pour les aides à la radionavigation,

La Précision désigne la conformité aux normes de l'OACI, par exemple, le guidage sur route pour l'utilisation prévue, qu'il s'agisse de systèmes de navigation en route, de systèmes d'approche de non-précision ou d'approche de précision, doit rencontrer les normes requises.

Disponibilité - proportion du temps pendant lequel un système est disponible par opposition au temps pendant lequel il ne l'est pas.

L'intégrité est la capacité d'avertissement d'un système de l'indisponibilité de son service ou de l'inexactitude de ses indications, par exemple, l'affichage des drapeaux d'alarme de l'ILS et du VOR dans les postes de pilotage).

La solution GNSS (Global Navigation Satellite System) de l'OACI est un GPS renforcé de divers moyens régionaux et locaux, et s'appuie sur le WGS-84 système géodésique commun pour l'aviation. L'avion équipé de façon moderne doit pouvoir envoyer automatiquement et régulièrement sa position aux services au sol via le réseau ATN. par des messages ADS comprenant le nom de l'avion et sa position, et permettant à un calculateur très simple de placer, sur une carte, le plot représentant l'avion.

Le guidage des approches et des atterrissages de précision se fera dans la plus grande partie du monde en passant de l'actuel ILS, à un guidage GNSS. Ceci impose des moyens au sol liés au GNSS (des Systèmes Différentiels Locaux) qui, sans être gratuits, seront cependant de coûts plus réduits que les ILS. Le guidage GNSS s'avère d'une plus grande simplicité d'usage (moins sensible aux interférences et dérèglages). Enfin, le récent lancement du système Européen de positionnement par satellite, GALILEO offre des perspectives intéressantes.





**Fig I.4 : Les futurs systèmes de navigation**

**I.3.3.la surveillance :**

**a).Les systèmes de surveillance actuels :**

La surveillance du trafic aérien consiste à réunir les informations issues des fonctions de communications et de navigation pour calculer en permanence la position relative des aéronefs, avec l'assistance éventuelle de moyens de visualisation, ou en se référant uniquement aux procédures de compte-rendu de position vocal de l'avion.

Dans les régions à forte densité de trafic, l'augmentation du trafic est le premier facteur qui dirige les réflexions concernant les besoins CNS/ATM. Mais dans d'autres régions à faible densité de trafic, améliorer l'efficacité des techniques de communications et de navigation sur l'ensemble du territoire est l'objectif majeur.

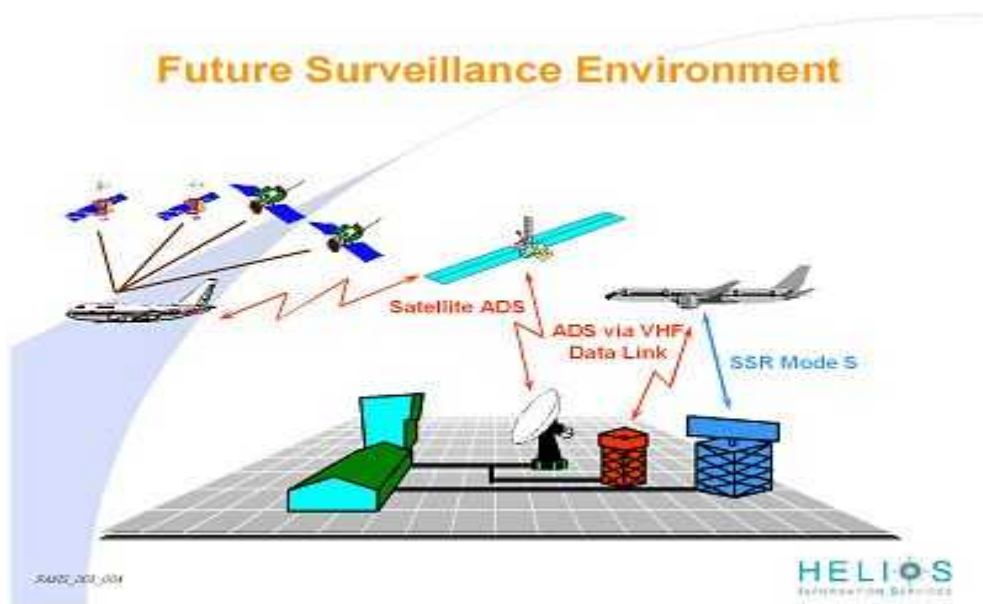


**Fig I.5 : Les systèmes de surveillance actuels**

**b).Les nouveaux systèmes de surveillance :**

Le radar secondaire de nouvelle génération est doté d'un mode sélectif (mode S) et permettra à terme les échanges automatiques de données. Ce système de surveillance enrichie n'intéresse que les espaces aériens dont la densité de trafic justifie un radar secondaire.

Pour les espaces ne nécessitant pas de radar secondaire ou dans lesquels son implantation est trop difficile, l'ADS (Automatic Dépendent Surveillance) repose sur une idée simple



**Fig.I.6 : Les nouveaux systèmes de surveillance**

## **II-1.La nécessité d'automatisation :**

Des améliorations structurelles et opérationnelles n'ont jamais cessé d'être apportées au système, en vue de l'adapter à des contraintes de plus en plus sévères, de sorte que sa saturation pendant les périodes de pointe peut essentiellement être attribuée à une planification ayant pris du retard sur le trafic réel. La quasi stagnation actuelle du trafic a permis de reprendre son souffle et laissé du temps pour effacer les grands retards, tels qu'ils ont été subis dans un passé récent.

Il faut cependant reconnaître que l'augmentation progressive de la capacité a essentiellement résulté de l'augmentation du nombre de «secteurs» dont chacun contrôle un volume d'espace de plus en plus faible (en France le contrôle est partagé entre près de 100 secteurs employant environ 2.000 contrôleurs, sans compter le contrôle d'approche et terminal autour des aéroports).

Il y a tout lieu de penser que la diminution du volume d'espace affecté à chaque secteur de contrôle finira par trouver ses limites lorsque le trafic recommencera à croître dans les années à venir.

Sans de sérieuses novations, les compagnies aériennes qui, de leur côté recherchent tous les moyens de réduire leurs propres coûts, se montreront de plus en plus concernées par les charges croissantes (ou au mieux stagnantes) de l'ATC ; elles se montreront de plus en plus pressantes pour que la «productivité» de ce système soit accrue.

Ajoutant à cela le taux d'accident qui se situe autour de 1 par million de départs ( $1 \times 10^{-6}$ ) et que malgré la croissance du trafic aérien reste fixe donc en terme de nombre d'accidents augmente et dont le facteur humain représente plus de 70 % .

L'automatisation de contrôle de trafic aérien et de l'avion pourra être une solution à ces problèmes.

## **II-2.L'automatisation dans l'avion (Free Flight) :**

Outre les impératifs de productivité qui poussent à l'automatisation, les statistiques montrent que l'homme est une des principales causes directes des

accidents d'avions. Le débat ne porte donc plus actuellement sur la question de savoir s'il faut ou no automatiser, mais plutôt de quelle manière il faut le faire.

Les progrès technologiques en matière de circulation de l'information permettent d'envisager dans un avenir proche des liaisons de données permanentes entre le sol et l'avion. De plus les automatismes de l'avion permettent maintenant d'atterrir sans que le pilote touche les commandes, dans des conditions météorologiques très dégradées. Il reste encore quelques progrès à faire dans le domaine pour arriver au tout automatique jusqu'à l'arrêt devant l'aérogare. Mais pilotage automatique et liaisons sol-bord performantes autorisent à penser que l'on pourrait voir un jour un système de transport aérien rien entièrement commandé par les organismes au sol, qui déterminerait les trajectoires à suivre par les pilotes automatiques. D'éventuels pilotes humains ne seraient là que pour surveiller le bon fonctionnement des automatismes, comme c'est déjà souvent le cas actuellement.

Cependant, les équipements embarqués offrent de plus en plus de facilités dans la navigation et le positionnement de l'avion, d'informations sur la météo et sur le trafic environnant, et vont même jusqu'à proposer au pilote des manoeuvres d'évitement des collisions. Associés à des systèmes dits "tête haute" d'aide au pilotage, ces systèmes pourraient permettre à un pilote humain de s'affranchir des informations, voire des instructions, provenant des organismes au sol, pour assurer lui même et complètement la sécurité de son avion et de ses passagers. Mais la même alternative avec un pilote automatique et un système performant d'anticollision n'est pas non plus impensable.

Concernant l'avion, il semblerait que les tenants du tout-automatique aient aujourd'hui l'avantage. Sur les dernières générations d'avions Airbus A320, A330, A340 et Boeing B777, le rôle des pilotes consiste de plus en plus à donner des ordres au pilote automatique à travers un clavier, et à surveiller que les automatismes fonctionnent correctement. Les liaisons de données air-sol, ou les liaisons de données air-air associées aux systèmes anticollision risquent même à courte échéance de dispenser le pilote humain d'avoir à donner ces ordres. Dans le cas de l'avion, la transition entre le pilotage "au manche" et le pilotage via FMS s'est faite brutalement. Si ce nouveau type de pilotage "au clavier" est intéressant, en

particulier pour les possibilités de suivre automatiquement des procédures standardisées, il présente néanmoins quelques inconvénients, dont la difficulté pour un pilote humain de “reprendre la main” en cas de besoin. Plusieurs possibilités se présentent pour l'avenir :

- le statu quo, en partant de l'hypothèse que les pilotes humains soient de mieux en mieux formés au pilotage au clavier. Le risque étant que lesdits pilotes ne sachent plus réagir correctement en cas de défaillance des automatismes,
- une évolution vers plus d'automatisation, de façon à supprimer totalement les cas où l'intervention de l'homme s'avère nécessaire, et à limiter au maximum les risques de défaillance des systèmes. Le principal argument militant pour cette évolution est que la cause principale des accidents d'avions est le facteur humain.
- l'intégration, en plus des fonctions existantes ou à venir, d'automatismes qui aident réellement au pilotage humain, en particulier dans les phases délicates de décollage et d'atterrissage, celles où il est le plus crucial qu'un pilote humain puisse intervenir rapidement et à bon escient si besoin est.

Les dispositifs “tête haute” semblent à cet égard plus qu'utiles, et permettent de plus aux pilotes de pratiquer un pilotage actif, en bref de ne pas perdre la main. L'argument selon lequel, pour éviter que l'homme ne soit le maillon faible du pilotage, il faut construire des avions qui soient conçus pour être pilotés par des humains, ne manque pas d'intérêt.

### **II-3.L'automatisation des systèmes de contrôle aérien (Free Route) :**

#### **II-3.1.L'automatisation de l'ATC :**

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

L'automatisation consiste à transférer à un système (totalement ou partiellement) des tâches effectuées 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 peut être déjà considérée, dans ce cadre, comme une forme élémentaire d'automatisation. L'automatisation n'est donc pas une opération (Tout ou rien), mais bien un lent processus qui a ses racines aux origines du contrôle aérien et continue depuis sa lente progression.

Concernant les systèmes au sol de gestion du trafic aérien, la problématique est sensiblement la même. L'évolution du trafic laisse à penser qu'il ne sera plus possible d'y faire face par la seule augmentation du nombre de contrôleurs et un découpage de l'espace en plus petits secteurs. Une telle méthode, qui augmente considérablement les coordinations inter-secteurs et les tâches associées, a ses limites. En conséquence il faudra automatiser certaines tâches du contrôle, de façon à alléger la charge de travail du contrôleur, et éventuellement changer les méthodes de contrôle. Reste à savoir quelles tâches automatiser et comment.

Les tâches du contrôleur "radar", celui qui donne les instructions aux avions, peuvent grossièrement se répartir de la manière suivante :

- les tâches de surveillance du trafic et de détection des conflits à venir,
- les tâches de résolution des conflits en cours,
- les tâches de coordination, qui consistent à prendre en compte le trafic appellent sur la fréquence radio à l'entrée dans le secteur, ou à donner des instructions de changement de fréquence aux avions sortant du secteur.

Par ailleurs, un ou plusieurs contrôleurs "organiques" prennent en charge les autres tâches liées à la coordination, dont notamment celles de planification, et celles de pré-détection des conflits.

La résolution de conflits est la tâche la moins coûteuse en temps pour le contrôleur et la plus difficile à automatiser. Les autres tâches seront donc sans doute automatisées d'abord, ce qui requiert de disposer des liaisons de données sol-bord.

Quelle que soit l'évolution à venir, la manière la plus sûre d'automatiser les tâches du contrôle semble être d'offrir d'abord au contrôleur humain la possibilité de se décharger de certaines d'entre elles sur la machine. La démarche actuelle est donc de proposer des aides automatiques "intelligentes", pour la détection et la résolution de conflits, pour la surveillance et la coordination du trafic.

### **II-3.2.Le domaine d'application :**

L'automatisation concerne les tours de contrôle sur les aéroports, les approches ou l'EN-route, qui sont les trois (03) organismes de contrôle de trafic aérien, mais aussi la gestion des flux de trafic et de la capacité, l'information aéronautique ou l'information de vol .Enfin les systèmes embarqués contribuent aux même à l'automatisation du system .Tous ces domaines sont liés au travers du système d'information et des liaisons de données.

### **II-4.L'impact de l'automatisation :**

L'automatisation de l'ATC peut améliorer les performances dans trois (03) domaines :

- La sécurité : en éliminant les erreurs humaines ou en diminuant leur impact, par une meilleure information, des filets de sauvegarde et une certaine supervision de l'homme par la machine ;
- La capacité : en utilisant la machine comme collaborateur de l'homme ;
- L'efficacité de la gestion du trafic en réduisant les restrictions imposées aux avions (routes directes, niveaux optimaux,...), on sait par exemple qu'un system totalement « FREE-ROUTE » permettant d'économiser 10% sur le coût du carburant.

### **II-5.L'automatisation de l'ATC et le system satellitaire :**

#### **II-5.1.Navigation par satellite :**

À toutes les étapes d'un voyage de transport aérien, le Système global de navigation par satellite (GNSS) fournira des renseignements dont la précision, l'intégrité et la disponibilité sont élevées ainsi qu'un service continu de navigation partout dans le monde. Il permettra d'améliorer la capacité, à faible coût. Les

aéronefs et navires pourront se déplacer n'importe où en utilisant un ensemble unique d'instruments de navigation. La précision de la navigation à trois et quatre dimensions sera rehaussée. Pour la collectivité de l'aviation, les avantages de la navigation par satellite sont particulièrement utiles dans la région Asie-Pacifique où les espaces aériens surplombent souvent des secteurs continentaux ou océaniques isolés. Il est alors habituellement impossible ou non pratique de se fier à des systèmes au sol. Il faut recourir aux systèmes aéroportés dont les restrictions inhérentes en matière de précision nécessitent souvent des distances de séparation importantes entre les aéronefs, ce qui réduit la capacité du système.

La mise en oeuvre des systèmes de navigation par satellite et des autres systèmes CNS permettra de diminuer les normes en matière de distances de séparation. La navigation par satellite pourrait également offrir l'avantage (moyennant un renforcement adéquat des signaux) de rendre disponibles les approches de non-précision et de catégorie I. Il ne sera pas nécessaire de mettre en oeuvre les systèmes de navigation au sol (même s'il peut être utile d'améliorer le balisage lumineux des approches et des pistes d'atterrissage) pour fournir ces niveaux de service aux aéroports qui, à l'heure actuelle, ne disposent pas d'un système de guidage à l'atterrissage. Le DGPS local rendrait également possibles les approches de catégorie II/III et ce, à un coût plus faible que les systèmes d'atterrissage à hyperfréquences.

En outre, dans le cas des pays qui fournissent le service et qui ont mis en oeuvre d'importants systèmes de navigation terrestres, il est possible de réaliser des économies car les aides à la navigation au sol ne seront plus nécessaires. La collectivité maritime réalisera également des avantages grâce à la mise en oeuvre des technologies CNS. On prévoit retirer du service le système Loran-C; le GNSS sera donc un système de navigation important pour le secteur marine. L'augmentation de la précision et de la disponibilité du GNSS permettra de naviguer dans des secteurs et dans des conditions météorologiques qui dépassent la portée des aides traditionnelles. L'augmentation de la précision améliorera la sécurité de la navigation dans toutes les conditions, ce qui pourrait réduire le nombre d'échouages et autres incidents.



### II-5.2. Communications par satellite :

À l'heure actuelle, les pilotes et les contrôleurs de la circulation aérienne utilisent les communications vocales HF et VHF dans les espaces aériens océanique et terrestre, respectivement. Les communications radio VHF offrent la couverture de la ligne de visée.

Comme elle fait appel à des fréquences plus basses, la couverture HF porte sur des superficies plus grandes que les communications VHF ou UHF. Cependant, les communications HF sont plus susceptibles aux interférences et aux variations de couverture dues aux conditions atmosphériques. Par conséquent, dans les régions océaniques et continentales éloignées, on prévoit que les communications vocales ne seront plus fondées sur le système HF mais sur des réseaux de satellites comme INMARSAT, MTSAT et PALAPA. La disponibilité de ces derniers est d'autant plus importante dans des régions comme Asie- Pacifique à cause des vastes étendues d'espaces aériens océaniques. Les communications par satellite, vocales et numériques, y jouent déjà un rôle important dans la gestion de la circulation aérienne.

Les communications vocales par satellite sont très coûteuses par rapport aux communications HF dans les secteurs océaniques. Cependant, ces coûts diminueront fortement compte tenu de l'utilisation accrue des communications vocales par satellite de la part des passagers des compagnies aériennes ainsi que de la plus grande disponibilité des systèmes de satellites.

On prévoit également l'abandon des communications vocales en faveur des communications numériques. Le CPDLC est une composante cruciale de l'ADS qui permet de diminuer les distances de séparation dans les espaces aériens où la couverture radar n'existe pas.

L'échange de données permet la communication directe non seulement entre les pilotes et les contrôleurs, mais également entre les ordinateurs de gestion de vol des avions et les ordinateurs de la gestion de la circulation aérienne au sol (coordination et compte rendu de la position). Dans les espaces aériens océaniques et éloignés, les communications de données seront assurées surtout par satellite ou

par des liaisons HF. Dans l'espace aérien intérieur, les diverses liaisons de données offrent trois options principales :

- 1) la liaison de données par satellite;
- 2) la liaison de données VHF ;

3) les radars de surveillance secondaire en mode S. À l'heure actuelle, l'option la plus rentable semble être la liaison de données HF. Il est peu probable que l'on ait recours à la liaison de données par satellite à cause de son coût élevé et parce que les applications, comme le compte rendu de position à proximité d'aéroports occupés, exigent un coût élevé de transmission des données et des retards minimes. Aux États-Unis et en Europe, on procède actuellement à l'installation de radars de surveillance secondaire en mode Select (S). Ce dernier offre une capacité de liaison de données entre les systèmes d'ordinateurs embarqués et les systèmes de gestion de la circulation aérienne au sol. Les avions devront être dotés des nouveaux transpondeurs en mode S qui sont reliés aux systèmes de gestion de vol de l'avion ou à un petit terminal de liaison de données.

La liaison de données VHF est formée d'un réseau de stations VHF au sol, de routeurs et d'un équipement VHF à bord des avions qui est relié au système de gestion de vol ou à un petit terminal embarqué de liaison de données. Depuis quelques années, aux États-Unis, en Europe et dans d'autres pays, on a recours à des systèmes de liaisons numériques VHF fondés sur les caractères pour les autorisations avant le décollage. On procède à l'élaboration de normes pour régir la liaison de données aux fins de l'ATC.

L'amélioration et l'élargissement des communications, vocales et numériques, sont un élément crucial de la mise en oeuvre des systèmes CNS/ATM et de l'augmentation des avantages. Les liaisons de données présentent notamment les avantages suivants :

- liens plus directs et efficaces entre les systèmes au sol et embarqués, ce qui permettrait d'améliorer les services de gestion de la circulation aérienne;
- traitement et transfert améliorés des communications aéronautiques;
- diminution de la congestion des canaux des fréquences radio;

- interopérabilité des modes de communications;
- fiabilité accrue et diminution des erreurs de communication, donc augmentation de la sécurité;
- réduction de la charge de travail et hausse de l'efficacité des contrôleurs de la circulation aérienne, des spécialistes des services en vol et des pilotes.

On prévoit qu'à l'avenir, les messages internationaux seront également échangés sur le nouveau RTA numérique. Il s'agit d'un réseau de communications numériques air-sol et sol-sol qui permet une interopérabilité complète entre les différents systèmes aéronautiques.

Parmi ces derniers, on retrouve les liaisons de données VHF, les liaisons de données par satellite, les systèmes informatiques embarqués ainsi que les ordinateurs au sol qui servent aux services de contrôle de la circulation aérienne, de même qu'au contrôle et à l'administration des sociétés aériennes.

### **II-5.3.Surveillance par satellite :**

Il est possible de combiner les systèmes de communications sûres et de navigation de précision pour fournir, sur des affichages de surveillance de la gestion de la circulation aérienne, des renseignements sur la position géodésique d'un aéronef. Ces renseignements combleront les besoins de surveillance aux endroits où la couverture radar est impossible ou non rentable. On ajoutera des outils informatiques de gestion de la circulation aérienne afin d'utiliser l'espace aérien de façon plus efficace.

Les services de surveillance permettent aux autres pilotes ou aux contrôleurs de la circulation aérienne de connaître la position d'un aéronef dans un secteur donné de l'espace aérien. À l'heure actuelle, on obtient la position d'un aéronef au moyen des relevés radar ou des comptes rendus du pilote. À l'extérieur de l'espace aérien contrôlé par radar, la position est signalée verbalement au moyen des communications VHF, dans l'espace aérien terrestre, et des communications HF dans l'espace aérien océanique. À l'avenir, on aura de plus en plus recours à la surveillance automatique par satellite (ADS) qui permet de signaler

automatiquement, à intervalles périodiques, la position de l'aéronef aux contrôleurs de la circulation aérienne, au moyen d'une liaison de données.

À cause des avantages importants qu'il peut apporter dans la région, l'ADS (une version non standard) a été mis en oeuvre, ou le sera bientôt, dans de nombreux pays. L'ADS procure, entre autres, les avantages suivants :

- renforcement de la sécurité et diminution des retards;
- utilisation plus efficace et capacité accrue de l'espace aérien;
- suivi plus précis des aéronefs dans un environnement non contrôlé par radar;
- diminution des distances de séparation horizontales minimums dans un environnement non contrôlé par radar;
- meilleure adaptation aux profils de vol souhaités par les utilisateurs et diminution des coûts d'exploitation en vol (à condition de disposer de la fonction connexe de gestion de la circulation aérienne);
- augmentation de la souplesse et diminution des coûts des activités de contrôle de la circulation aérienne.

## **II-6. Le facteur humain et l'automatisation de l'ATC :**

La prestation du service de contrôle de la circulation aérienne est effectuée par des êtres humains qui mettent en oeuvre des processus cognitifs d'une grande complexité. En sous-estimant cette complexité, il est facile d'imaginer bien des «solutions» pour sortir le système de son «archaïsme», solutions d'autant plus séduisantes qu'elles se jouent des réalités. Ces visions futuristes ne pourraient trouver leur place que dans le cadre d'un système entièrement automatisé qui, comme on le montrera ci-dessous, nécessiterait une longue transition qui soulèverait les mêmes problèmes humains et sans doute des problèmes encore plus difficiles que ceux qui affectent le système actuel. Pour être crédible, tout projet doit être bâti sur la connaissance approfondie de la nature et de la spécificité des tâches qui sont accomplies par les contrôleurs, ou qui le resteront dans le cadre d'un système plus automatisé. Un «secteur de contrôle» dans lequel une quinzaine d'avions évoluent le long de routes et à des altitudes différentes ou selon des trajectoires montantes ou

descendantes, entrant et quittant cette portion de l'espace dans laquelle ils ne restent qu'une quinzaine de minutes ou moins, éviter toute collision et se coordonner avec les secteurs précédents et suivants serait relativement aisé, hors de toute contrainte temporelle ou sécuritaire, sans le stress associé aux tâches accomplies, et si l'environnement informationnel du contrôleur n'était pas aussi flou et aussi fragile.

Les contrôleurs ont pour mission de s'assurer du respect d'une séparation minimale de sécurité entre les avions d'au moins 5n.m. dans le plan horizontal ou 1.000 pieds dans le plan vertical. A cette fin, ils doivent extrapoler mentalement les positions de chacun des avions jusqu'au point de croisement de leurs trajectoires et sur la seule base de la connaissance de leurs positions et de leurs vitesses actuelles. La précision de ce processus est faible. Fort heureusement la précision de la prévision s'améliore au fur et à mesure qu'approche le moment du croisement. Pour chaque «problème» détecté, les contrôleurs sont ainsi amenés à mettre en mémoire un «filtre» et à suivre dans quelle mesure chacun de ces problèmes évolue, selon des processus itératifs :

- Risque potentiel ;
- Risque certain ;
- Risque alarmant ;
- Perte de séparation minimale ;
- Anti-collision.

Ces «filtres» sont très sensibles à la précision de la prévision effectuée. Par exemple, 15 minutes à l'avance, une différence de quelque 2% (moins de 10 noeuds) dans l'estimation de la vitesse de chaque avion transforme la prévision d'une collision absolue en celle d'une situation non conflictuelle. Une telle précision est tout à fait hors d'atteinte à partir de la perception de l'information sur l'écran radar et du calcul mental pour les extrapoler. On comprend ainsi que de nombreux «problèmes», identifiés comme tels, ne se transformeraient pas en «conflit» si le contrôleur ne s'en préoccupait pas, mais on se persuade aussi que le contrôleur ne peut pas prendre un tel risque. Tous ces «problèmes» ne sont donc pas résolus immédiatement, soit parce que le contrôleur est trop occupé par ailleurs, soit parce

que cela pourrait se révéler inutile pour beaucoup d'entre eux. Le contrôleur doit donc mettre en mémoire les «problèmes». L'analyse qui précède amène à rejeter l'idée simpliste, et cependant commune, même parmi ceux qui se considèrent comme des spécialistes, que la tâche du contrôleur se limite à un simple flux ordonné de détections de conflits immédiatement suivies de leur résolution. Pour les raisons exposées ci-dessus, ces concepts ne sont pas aussi évidents qu'on le suppose souvent.

Mais il existe encore d'autres fortes raisons pour lesquelles un «problème» ne peut pas être résolu dès qu'il est détecté. Les contrôleurs cherchent à faire l'usage le plus efficient possible de l'espace aérien disponible, mais ils doivent, aussi et surtout, gérer au mieux leurs propres ressources cognitives et mnémoniques, par nature limitées, sans parler de leur capacité de résistance au stress. Ils ne peuvent en aucun cas prendre le risque de se trouver surchargés face à une situation qui serait devenue critique. En fait, les contrôleurs traitent le trafic comme un tout, toute action doit trouver sa juste place et son juste moment dans le cadre d'une stratégie et d'une tactique élaborées et revues en permanence. Plus le trafic est intense, plus les contrôleurs augmentent les marges de sécurité, ce qui accroît ainsi le nombre de problèmes retenus et explique bien leur rapide saturation au-delà d'un certain trafic. Ayant ainsi «filtré» le trafic avec un «filtre à mailles larges», les contrôleurs doivent mémoriser la situation d'ensemble et en assurer la surveillance selon un processus de balayage et de réévaluation, tout en restant simultanément en alerte et prêt à réagir à tout stimulus provenant d'un contrôleur d'un secteur voisin ou d'un pilote, cet environnement est donc fragile, non seulement parce que le contrôleur fonctionne à la limite haute de ses capacités physiologiques, cognitives et mnémoniques, mais aussi parce que tous ces processus reposent sur la mémoire<sup>5</sup>. Le contrôleur et son assistant doivent donc coopérer sans disposer de visualisations communes des problèmes et de la stratégie en cours, ce qui suppose une longue période préalable d'entraînement et de travail en commun. On comprend ainsi que ce n'est pas l'espace qui est saturé mais le cerveau humain, dont on sait qu'il n'est pas capable de traiter et de mémoriser plus d'un certain nombre de problèmes à la fois. Certaines de ces tâches sont visibles (clairances, évitement radar...), mais l'essentiel de l'effort cognitif et mnémonique ne peut pas apparaître à un observateur extérieur. En dépit

des progrès techniques croissants des systèmes, la capacité des secteurs en terme du nombre maximum d'avions, est restée quasi constante depuis les temps anciens du contrôle, la raison est l'accroissement de la vitesse des avions, mais surtout la réduction de la taille des secteurs qui induisent :

- une augmentation du flux de tâches,
- un accroissement de la densité du trafic.

En plus, du stress du contrôleur qui s'accroît lorsque les périodes de pointe de trafic deviennent plus fréquentes et plus longues.

C'est donc l'homme qui limite la capacité de l'espace aérien... dont l'organisation est elle-même contrainte du fait même que le contrôle est effectué par des cerveaux humains :

- a) Secteurs de plus en plus petits au fur et à mesure que le trafic croît,
- b) Routes prédéterminées qui réduisent les «degrés de liberté» mais facilitent l'analyse et la mémorisation de la situation par des cerveaux humains.
- c) Grandes précautions pour garantir la sécurité du fait que le contrôleur, comme chacun d'entre nous, peut commettre des erreurs d'appréciations et avoir des défaillances d'attention ou de mémoire. Le paradoxe découle ainsi du fait que la charge repose sur des hommes saturés... dont la présence même empêche d'optimiser l'organisation du système et, comme on le montrera ci-dessous, de profiter pleinement des possibilités qui pourraient être offertes par les ordinateurs modernes.

---

**III-1. Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) :****a). Présentation et organisation:**

L'Organisation de l'aviation civile internationale (ou OACI, en anglais International Civil Aviation Organization ou ICAO) est une organisation internationale qui dépend des Nations unies. Son rôle est de participer à l'élaboration des normes qui permettent la standardisation du transport aéronautique international (les vols à l'intérieur d'un même pays ne sont pas concernés par l'OACI). Son siège social est situé à Montréal.

Le conseil de l'OACI adopte les normes et recommandations règlementant la navigation (en anglais : SARP, Standards and Recommended Practices), le partage des fréquences radio, les licences du personnel d'aviation, la circulation aérienne, etc. Il définit aussi les protocoles à suivre lors des enquêtes sur les accidents aériens, protocoles qui sont respectés par les pays signataires de la convention de Chicago.

Créée en novembre 1944 par 55 pays, l'OACI comporte 190 états membres et dispose de 7 bureaux régionaux (Bangkok, Dakar, Le Caire, Lima, Mexico, Nairobi et Paris). L'assemblée élit tous les trois ans un conseil, formé de représentants de 36 états. Le Conseil est assisté d'une Commission technique (Commission de Navigation aérienne) composée de 19 membres choisis pour leur expertise. Le Secrétariat de l'Organisation se compose de 5 directions (navigation aérienne, transport aérien, coopération technique, affaires juridiques, administration).

Depuis l'adhésion du Monténégro, le 12 février 2007, les seuls États non membres de l'OACI sont la Dominique, le Liechtenstein, le Saint Siège et Tuvalu.

**b). Le concept FANS (Futur Air Navigation System) :**

Début des années 80, l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) a reconnu les limites croissantes des systèmes actuels de navigation aérienne ainsi que la nécessité d'une amélioration pour amener l'aviation civile au XXI<sup>e</sup> siècle. En 1983, l'OACI a mis sur pied le comité FANS (Futur Système de navigation aérienne), qui est un comité spécial du Conseil et l'a chargé d'étudier, d'identifier et d'évaluer les nouveaux concepts et la nouvelle technologie et de faire des recommandations pour



l'évolution coordonnée et progressive de la navigation aérienne pour les 25 prochaines années.

Le comité d'origine (FANS phase I) a terminé sa tâche en 1988. Il a conclu que la seule solution viable consistait à exploiter la technologie des satellites pour permettre à l'aviation internationale de résoudre les lacunes du présent système CNS et de répondre aux besoins et aux exigences du futur prévisible à l'échelle globale. Le comité a mis au point une projection générale à long terme pour le développement progressif et coordonné de la navigation aérienne pour l'aviation civile internationale au cours d'une période d'environ vingt-cinq ans pendant laquelle ces systèmes CNS basés sur satellite seront la clé des améliorations à l'échelle mondiale.

En septembre 1991, à la Dixième conférence sur la navigation aérienne, les états contractants de l'OACI ont adopté un concept global de communications, navigation et surveillance (CNS) et de gestion de la circulation aérienne (ATM). Ce concept a été proposé par le Comité spécial FANS comme un moyen pour l'aviation civile de surmonter les lacunes bien connues du système actuel et de profiter des technologies modernes pour répondre à la croissance prévue de l'aviation au XXIe siècle.

FANS phase II : L'OACI a créé un nouveau comité spécial (FANS phase II) qui a été chargé de surveiller et de coordonner le développement du futur système de navigation aérienne. Ce comité a eu la responsabilité de produire un plan coordonné mondial de transition pour le futur système de navigation aérienne de l'OACI. Le Comité FANS II a terminé son plan mondial coordonné en septembre 1993, y compris l'élaboration des lignes directrices relatives à la transition, et a en outre œuvré en faveur de la création d'un groupe de travail spécial de mise en œuvre pour soutenir le rythme actuel de mise en œuvre du système mondial CNS/ATM. Le Groupe de travail chargé de la mise en œuvre des systèmes CNS/ATM de l'OACI (CASITAF) s'est réuni à deux reprises en 1994 et a formulé des recommandations importantes au regard des priorités, d'un mécanisme de mise en

oeuvre et des questions économiques. Ces questions méritent d'être réglées en vue d'améliorer le processus de mise en oeuvre à l'échelle mondiale.

Au cours de la phase II, celle de l'élaboration d'un plan de transition et de mise en oeuvre, elle s'est activée autant pour les essais / démonstrations et les analyses coûts/avantages que pour les aspects institutionnels. Ces derniers portent sur la mise en oeuvre du Service Mobile Aéronautique par Satellite -SMAS- et sur la fourniture d'un GNSS ou système mondial de navigation par satellite.

### **III-2.L'AUTOMATISATION DE L'ATC en Amérique (USA ):**

#### **III-2.1. Federal Aviation Administration :**

La Federal Aviation Administration (FAA) est l'organisme gouvernemental chargé des réglementations et des contrôles concernant l'aviation civile aux États-Unis d'Amérique.

Avec l'European Joint Aviation Authorities, la FAA est l'une des deux principales agences mondiales qui est habilitée à certifier les nouveaux avions, les équipements et les formations des pilotes de l'aviation civile.

Elle fut créée en 1958 à partir d'organismes préexistant depuis 1926.

Au niveau du contrôle aérien, elle établit en particulier les réglementations qui gèrent la coexistence entre le trafic civil et le trafic militaire.

Elle tient à jour les données concernant la sécurité des aéroports, le suivi de la sécurité des avions et des exploitants, les incidents et accidents aériens qui doivent faire l'objet de rapports publics publiés par le NTSB (National Transportation Safety Board). Elle publie régulièrement les NOTAM (Notices to Airmen) qui informent au niveau mondial les pilotes des conditions de vol et d'évènements susceptibles de nuire à la sécurité.

### **III-2.2.La MITRE CASSAD (Centre pour le développement du système de l'aviation avancée ):**

#### **a). Présentation :**

La MITRE a aidé l'administration fédérale de l'aviation (FAA) pour adresser les missions d'aviation les plus critiques de la nation et cela depuis la création de la compagnie en 1958. En reconnaissance de ce long et fructueux rapport, le FAA a désigné le programme de l'aviation de la MITRE comme un centre de recherche et de développement fédéralement consolidée en 1990, et a nommé la nouvelle entité le centre pour le développement du système d'Aviation avancé (CAASD). En plus de supporter le FAA, CAASD travaille avec les autorités d'aviation civiles autour du monde ayant des défis semblables. Cela nous permet d'augmenter notre connaissance de meilleurs entraînements dans l'aviation et les partager avec tous nos clients .

La MITRE a été formée en 1958 comme une corporation sans but lucratif sous la direction de C.W. Halligan. Au début, une centaine d'employés des laboratoires de l'institut du Massachusetts de la technologie Lincoln sont venus à la MITRE pour créer la nouvelle technologie pour le département de défense spécifiquement sur l'environnement moulu semi automatisé utilisant une nouvelle marque d'ordinateurs numériques. La compagnie s'est étendue en 1963 après que l'administration de l'aviation fédérale ait donné la responsabilité des systèmes de la compagnie au système national projeté de l'espace aérien. La MITRE a continué à s'étendre comme elle a pris de nouveaux défis pour de nouveaux clients, se concentrant toujours sur l'intérêt public. Notre travail dans la technologie d'information a mené à la formation d'un FFRDC pour le service des revenus internes en 2000, qui fournit maintenant le support de modernisation de l'entreprise aux nombreuses agences du gouvernement. Durant ces années, la compagnie a continué d'évoluer afin de satisfaire les besoins changeants de ses garants en fournissant d'excellents ingénieurs et scientifiques expérimentés en une grande gamme de technologie. .

---

Le MITRE doit relever les défis suivants :

- Amélioration de la protection et de la sécurité de l'aviation ;
- Augmentation de la capacité et de l'efficacité de l'espace national aérien ;
- Rehaussement de la flexibilité dans l'usage des ressources du système d'aviation ;
  - Réduction des délais de vol et des contraintes de la gestion de la circulation ;
  - Établissement de la prise de décision combinée pour améliorer l'organisation du courant de la circulation ;
  - Développement des services en voie d'émission afin d'améliorer la sécurité dans les régions avec un petit radar et afin de rehausser la capacité aéroportuaire en conditions du temps marginales ;
  - Modernisation et harmonisation des systèmes globaux d'aviation pour permettre le « FREE FLIGHT » ;
  - Développement et maintenance du consensus parmi tous les dépositaires d'enjeux du système d'aviation sur les programmes et les capacités des futurs systèmes ;
  - Développement des processus de la coordination améliorée et des consciences situationnelles partagées (SSA) parmi les agences en réponse aux menaces de la sécurité de l'aviation ;
  - Développement du système de prescrire le passager de l'aviation prévenant les terroristes potentiels afin d'aborder des vols commerciaux en assurant la privatisation des libertés civiles des citoyens Américains

### **b). Le projet AERA :**

Les travaux de recherche de la MITRE sur AERA sont financés par la FAA. La première phase de ce projet, AERA 1 permettait de prévoir les trajectoires des avions en fonction des intentions des pilotes et de détecter d'éventuelles violations de la séparation standard ou de restriction de flux pour des plans de vol existants ou

désignés par un contrôleur. C'est donc avant tout un outil d'aide à la prise de décision qui ne propose pas de solution aux opérateurs.

AERA 2 propose d'importantes nouvelles aides aux opérateurs, et notamment une liste de "résolutions recommandées par l'ordinateur" aux éventuels conflits élémentaires détectés par AERA 1. AERA 2 introduit également des outils d'aide à la coordination entre contrôleurs. Néanmoins, jusqu'à ce jour, dans AERA 2, la responsabilité de séparer les avions relève en dernier ressort du contrôleur.

Dans AERA 3, la responsabilité de séparer les avions est laissée à la machine. La structure d'AERA3 est hiérarchique. Au niveau national, l'ATMS reste en l'état. Il assure une gestion des flux de trafic acceptable pour AERA 3.

AERA 3 se décompose en trois niveaux hiérarchiques :

- ASF sépare les paires d'avions.
- MOM assure le respect du contexte global par ASF (bien qu'ASF ne gère que des paires d'avions séparément).
- L'AMPF s'assure que MOM peut opérer avec succès. En prévenant les trop fortes densités de trafic, il permet d'éviter que les avions aient trop peu d'AMO.
- L'ATMS, au niveau national, assure que l'AMPF peut gérer le trafic.

ASF et MOM sont les deux niveaux dont l'automatisation complète est envisagée. Néanmoins, le seul niveau détaillé clairement d'AERA 3 est l'ASF qui ne résout que des conflits à deux avions. Les objectifs de MOM sont assez clairement définis. Par contre, son fonctionnement reste très flou et peu convaincant. La recherche d'optimalité globale n'apparaît pas du tout dans AERA 3.

Il semble aujourd'hui que le projet AERA ait été arrêté. Les algorithmes utilisés ou envisagés dans le MOM n'ont cependant jamais été évoqués dans les rapports disponibles. Sur le plan de la modélisation, AERA3 peut garder un intérêt. Par contre, ce projet n'apporte pas de réponse au problème d'optimisation globale dès que le nombre d'avions dépasse 3.

### **III-3 .l'automatisation de l'ATC en Europe :**

#### **III-3.1. Joint Aviation Authorities (JAA):**

Les autorités d'aviation communes (JAA) sont un corps associé de la conférence de l'aviation civile européenne (ECAC) représentant les autorités régulatrices de l'aviation civile de plusieurs états européens qui ont accepté à coopérer pour développer et rendre effectif la sécurité commune des niveaux régulateurs et des procédures. Cette coopération est projetée à fournir des hauts et logiques niveaux de sécurité et « un champ égal" pour la compétition en Europe. Beaucoup d'accentuations sont aussi placées en harmonisation entre les règlements JAA avec ceux des états unis d'Amérique.

L'adhésion JAA est basée sur la signature du document des "Arrangements JAA" originellement signé par les états membres actuels à Chypre en 1990. Basés sur ces arrangements et engagements apparentés, les objectifs et les fonctions du JAA peuvent être résumés comme suit:

#### **Objectifs:**

##### **- "Sécurité de l'aviation":**

Assurer, à travers la coopération entre les états du membre, que les membres JAA accomplissent un haut et logique niveau de sécurité de l'aviation.

##### **- "Transition de JAA à EASA":**

Assurer le plus haut niveau de contribution à l'union européenne pour établir une agence de sécurité de l'aviation européenne qui absorberait toutes les fonctions et activités du JAA en une période autant courte que possible et assurerait la participation complète du JAA et non des états membres de l'union européenne.

##### **-"Efficacité de l'affaire":**

Accomplir un système de sécurité rentable pour contribuer à une industrie effective de l'aviation civile.

##### **- "Consolidation de niveaux communs":**

Pour contribuer, à travers l'application constante des niveaux communs et à travers

la révision régulatrice de la situation existante, à une compétition claire et égale dans les états membres.

**- "Amélioration de la sécurité de l'aviation mondiale":**

Pour coopérer avec d'autres organisations régionales ou les autorités nationales des états qui jouent un rôle important dans l'aviation civile dans le but d'atteindre au moins le niveau de sécurité JAA et afin de stimuler la mise en oeuvre mondiale des niveaux et des exigences de sécurité harmonisée à travers la conclusion d'arrangements internationaux.

**III-3.2. Le comité Européenne de l'aviation civile (CEAC) :**

**a)Présentation :**

Fondée en 1955 comme organisation intergouvernementale, la CEAC a pour objectif de promouvoir le développement d'un système de transport aérien européen sûr, efficace et durable. Dans cette perspective, la CEAC s'emploie à: harmoniser les politiques et pratiques dans le domaine de l'aviation civile au sein de ses États membres ; promouvoir un rapprochement sur des questions de politique entre ses États membres et d'autres régions du monde.

Son expertise de longue date dans le domaine de l'aviation, le nombre de ses membres à travers l'Europe, ses liens étroits avec l'Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI) et le Conseil de l'Europe, sa coopération active avec les institutions de l'Union européenne, ses relations privilégiées avec EUROCONTROL et les Autorités conjointes de l'aviation (JAA), et ses relations de travail avec un large éventail d'organisations qui représentent les différents secteurs de l'industrie du transport aérien, y compris les intérêts des consommateurs, permettent à la CEAC d'être un forum de discussion pour toutes les grandes questions qui touchent l'aviation civile.

La CEAC s'est dotée d'arrangements pragmatiques et coopératifs qui permettent des consultations avec d'autres organisations internationales. La valeur ajoutée de la CEAC, lorsqu'il s'agit de sujets sur lesquels travaillent d'autres organisations, tient à sa politique permettant une intégration sur une échelle

géographique plus large. La CEAC considère que l'aviation civile paneuropéenne s'exprime par sa voix.

La CEAC cherche activement à négocier et à promouvoir des arrangements et des ententes et à nouer des contacts avec d'autres organisations régionales et États sur un large éventail de sujets d'intérêt commun en matière d'aviation civile.

La CEAC élabore des résolutions, des recommandations et des déclarations de politique qui sont ensuite mises en oeuvre par ses États membres. Sous son égide, des accords internationaux ont été conclus.

La CEAC offre aux Ministres des transports européens un forum de discussions et de décisions.

La Conférence organise régulièrement des symposiums et séminaires internationaux.

### **b).ATM 2000+ et les stratégies de la navigation pour ECAC :**

L'aviation européenne fait face au défi de capacité de l'espace aérien croissante et des délais réducteurs afin de faire face annuellement à une augmentation dans circulation approximative à 5%. Les mouvements d'avion dans l'espace aérien ECAC sont supposés doubler vers 2015, cependant les niveaux de la sécurité doivent être au moins maintenu – faire face avec ces questions une nouvelle stratégie pour la gestion de la circulation dans l'air dans les 21 èmes siècles étant développée - ATM2000+ - qui sera soumis à la prochaine réunion des ministres du transport d'ECAC le 28 janvier2000 pour l'approbation. Il est supporté par plusieurs sous stratégies, une de chaque couvre la navigation.

La stratégie de la navigation pour ECAC a été approuvée par EUROCONTROL de la Consultation ATM/CNS .Groupé en mars 1999, et prévoit l'exigence pour mettre en avant un environnement RNAV souffrant de 2005, la transition à RNP RNAV dans l'espace aérien en route et dans les TMAs souffrant de 2010. GNSS est reconnu comme être une des technologies clés qui supportent un tel mouvement, les autres qui sont DME et les systèmes inertiels de la navigation. Les niveaux mondiaux



pour GNSS sont maintenant mis en place, et il est anticipé que niveaux ICAO et les entraînements recommandés (SARPs) pour les signaux dans l'espace GPS, GLONASS, SBAS et CHAT GBAS I seront applicables en mois de novembre 2000. Par conséquent, l'usage de GNSS dans la stratégie de la navigation se conformera aux exigences globales.

### **III-3.3.EUROCONTROL ou Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne :**

#### **a).Présentation :**

Est une organisation intergouvernementale européenne dont le siège est située à Bruxelles. Sa mission est d'harmoniser et d'unifier la gestion de la navigation aérienne en Europe, en promouvant un système uniforme pour les usagers civils et militaires, dans des conditions de sécurité maximales tout en minimisant les coûts et les impacts environnementaux.

Cette mission recouvre :

- La gestion du réseau européen. Il s'agit des activités de recherche et développement, de coordination des programmes d'investissement et de développement des États membres, de production de normes techniques communes. À ce titre, EUROCONTROL participe au projet SESAR lancé conjointement avec l'Union européenne dont le but est de définir en coopération avec toute l'industrie du transport aérien, le futur réseau de gestion du trafic à l'horizon 2020.
- La gestion de certaines fonctions à l'échelon européen. Le CFMU (Central Flow Management Unit) centralise les plans de vols à l'échelon du continent et régule le trafic dans le but de minimiser les retards et de garantir la sécurité des vols. Le SCRR (Service central de redevances de route) collecte une redevance dont le but est de financer l'ensemble du système de gestion de la navigation aérienne des États membres.
- La gestion du centre de Maastricht qui contrôle l'espace aérien supérieur du Bénélux et d'une partie de l'Allemagne. Un autre centre devait ouvrir à Vienne et Budapest (le CEATS) mais il semble que ce projet ne verra pas le jour.

- Le support technique aux instances de régulation. EUROCONTROL prépare les dossiers techniques et les textes des décisions et règlements qui sont pris soit par son organe suprême, soit par l'Union européenne selon ses procédures propres.

L'agence œuvre pour cela en collaboration étroite avec les états membres, les prestataires de services de navigation aérienne, les usagers civils et militaires de l'espace aérien, les aéroports, le secteur aérospatial et les institutions européennes.

L'Organisation EUROCONTROL est composée de ses États membres et d'une Agence, dirigée par un directeur général. L'Agence, située à Bruxelles, comprend des antennes en Europe :

- Le CFMU (dont l'IFPU1 - Flight Planning - qui s'occupe des plans de vol) et le SCRR à Bruxelles
- Un Centre expérimental et l'IFPU2 (Flight Planning, une partie du CFMU) à Brétigny-sur-Orge, France
- Un institut de formation à Luxembourg
- Un centre de contrôle à Maastricht, Pays-Bas
- Des équipes à Vienne, Budapest, Karlsruhe, Rome.

EUROCONTROL est fondé sur un traité international, la Convention EUROCONTROL, et pour les redevances de route, sur un Accord Multilatéral. L'organisation est financée par une contribution des États membres, le SCRR pour sa part prélevant une redevance administrative sur les redevances qu'il collecte. Son organe suprême est la Commission, qui dispose du pouvoir réglementaire mais sans qu'aucun mécanisme judiciaire ne permette de sanctionner cette législation.

Une Convention révisée est en cours de ratification et il a été décidé de l'appliquer partiellement avant sa mise en œuvre. Elle apporte les changements principaux suivants :

- le directeur général a un droit d'initiative
- un Conseil Provisoire remplace l'ancien Comité de gestion qui est en fait le vrai organe décisionnaire de l'Organisation

- 
- l'Union européenne, par la vertu d'un protocole additionnel, devient membre de l'Organisation
  - une Commission d'examen des performances et une Commission de réglementation de la sécurité sont mises en place. Ces deux organes semi-indépendants sont très respectés et produisent un travail de haute qualité.

EUROCONTROL a été créé à l'origine pour unifier sous son égide la gestion du trafic aérien dans l'espace supérieur. Le Centre de Maastricht est le témoin de cette ambition, vite torpillée par les États membres qui ont préféré garder le contrôle total de la prestation de service. La crise de capacité des années 1980-90 a donné à EUROCONTROL l'occasion de développer ses activités au titre du CFMU et de la gestion du réseau pan-européen. Mais l'irruption d'un nouvel acteur, la Commission européenne, et du programme Ciel Unique bouleverse les missions de l'Organisation. La Commission a créé une Agence, l'EASA, qui à terme devrait reprendre les fonctions de régulation de la navigation aérienne en Europe. La Convention révisée ne sera sans doute pas ratifiée par tous les États, car le mouvement de privatisation des prestataires nationaux de services de navigation aérienne remet profondément en cause le rôle de l'Agence dans la gestion du réseau, des fonctions pan-européennes et dans la gestion du Centre de Maastricht. Le projet SESAR fait d'EUROCONTROL un acteur parmi d'autres dans le développement stratégique et lui retire sa fonction de chef de file de cette coordination.

### **b).ARC2000 et ses dérivés :**

Le projet d'automatisation complète du contrôle en route européen, ARC2000 a connu de profonds changements depuis son origine. Néanmoins la modélisation en "tubes 4D" des trajectoires d'avions est restée et a permis de définir des outils d'aide à la décision très innovants et efficaces pour le contrôleur.

Si l'on est capable de prédire avec une très bonne précision la trajectoire d'un avion, on peut représenter celle-ci par une courbe dans  $\mathbb{A}^4$ , les trois premières variables représentant la position dans l'espace de l'avion au temps  $t$ , quatrième variable. Les imprécisions de mesures de positions et de tenues de trajectoires 4D

transforment, dans un souci de réalisme, cette courbe en “tube” en lui donnant une certaine section. Pour séparer les trajectoires d'avions, il faut donc fabriquer un “tube” pour chaque avion de sorte que les différents tubes soient d'intersection vide. Pour cela, ARC2000 utilise un algorithme d'optimisation locale (type “gradient”) qui permet, étant donné  $n$  tubes d'intersection vide, de construire un tube  $n+1$  d'intersection vide avec tous les précédents et minimisant le retard de l'avion  $n+1$ .

Le principe d'ARC2000 était donc originellement le suivant : le premier avion entrant dans le système se voyait affecter un tube optimal respectant son plan de vol. Dès qu'un nouvel avion se présentait, son tube optimal était calculé en considérant les tubes précédemment affectés comme des contraintes fixes. Autrement dit, un tube déjà affecté n'était pas remis en cause. L'optimalité globale n'était donc pas recherchée. Dans le cas où un avion ne respectait pas le tube qui lui était affecté, il devait négocier un nouveau tube respectant tous les autres tubes. La faiblesse de ce principe se caractérisait par son manque de robustesse. En effet, il est possible que le non respect d'un tube 4D soit lié à des événements météorologiques par exemple, et qu'il ne touche pas seulement un avion mais plusieurs. On pouvait alors craindre un phénomène chaotique qui remettait en cause le principe adopté.

Les hypothèses de départ d'ARC2000 le projetaient bien au-delà de l'an 2000. En effet, la négociation des tubes 4D suppose que les avions soient équipés de FMS-4D19, ce qui n'est pas réaliste à court terme.

Le plan stratégique d'ARC2000 consiste à garantir des trajectoires sans conflit pour les 20 minutes à venir. Il faut en effet trouver un juste milieu entre prévoir des trajectoires sans conflit très longtemps à l'avance, et ne pas tenir compte des conflits à l'avance et réajuster continuellement les trajectoires. Le compromis d'ARC2000 consiste à prévoir la trajectoire dans sa totalité avec le moins possible de conflits tout en surveillant les conflits potentiels. 20 ou 30 minutes à l'avance, les conflits sont éliminés. Avant cette période, seuls les conflits qui sont fermement diagnostiqués peuvent entraîner une réorganisation des trajectoires.

N'ayant pas de rapport écrit récent sur l'évolution du projet ARC2000, les éléments qui vont suivre sont susceptibles d'être réactualisés.

Il semble que l'évolution d'ARC2000 se tourne vers des hypothèses plus réalistes. La modélisation de la trajectoire totale sans conflit (de l'origine à la destination) semble avoir été abandonnée pour une gestion à 20 ou 30 minutes des groupes de conflits ou clusters. La recherche de solutions optimales a également évolué puisqu'au principe du "dernier arrivé dernier servi", a succédé une série de règles qui permettent de classer les avions du plus prioritaire au moins prioritaire et les manoeuvres de la plus opportune à la moins opportune. On retiendra essentiellement que la recherche d'un optimum global est toujours délaissée au profit d'un parcours d'arbre dans un ordre régi par des règles empiriques.

Il est à noter que les recherches d'Eurocontrol ont permis de produire des outils d'aide à la décision très innovants tels qu'HIPS20, qui ne s'intéresse plus à l'optimisation automatique de trajectoire mais donne au contrôleur des outils d'aide à la représentation des trajectoires et des conflits.

On notera enfin qu'ARC2000 est le seul projet ayant été testé sur le trafic réel. Comme pour AERA3, la modélisation du problème est intéressante mais les algorithmes de résolution de clusters ne s'attaquent pas au problème d'optimisation global des trajectoires.

### **c).Le projet « SESAR » :**

La législation sur le "ciel unique européen", adoptée en 2004, a réformé en profondeur l'organisation des services de navigation aérienne: les rôles et responsabilités des autorités de surveillance et des prestataires de service ont été clairement définis et des blocs d'espace aérien transfrontaliers ont été établis, ce qui représente une réorganisation majeure du secteur.

La Commission a désormais présenté une proposition relative à un système européen de nouvelle génération pour la gestion du trafic aérien ("SESAR") et à la constitution d'une entreprise commune. SESAR est l'élément technologique du ciel unique européen.

La proposition vise à développer des technologies, modes d'organisation et composants industriels capables d'assurer la sécurité du transport aérien dans les vingt prochaines années.

SESAR est avant tout un projet ambitieux de recherche et de développement qui est conçu pour intégrer et coordonner les activités de recherche et de développement. Il permettra d'uniformiser l'équipement du contrôle du trafic aérien dans l'Union européenne. La Commission entend poursuivre cet objectif dans le cadre d'un partenariat public-privé combinant les ressources pour un objectif commun et elle propose de créer une entreprise commune. SESAR comportera trois phases:

**1). La phase de définition (2005-2007):**

Au cours de cette phase sera réalisé le plan de modernisation de la gestion du trafic aérien en Europe: les différentes étapes technologiques à franchir, les priorités de modernisation et les calendriers de mise en oeuvre doivent être définis. Cette phase requiert un budget de 60 millions d'euros, dont la moitié sera fournie par la Communauté sur la base du budget des réseaux transeuropéens de transport. L'autre moitié sera financée par Eurocontrol.

**2). La phase de développement (2008-2013):**

Au cours de cette phase, les technologies de base qui seront la fondation de la nouvelle génération de systèmes seront développées. Cette phase requiert un financement de 300 millions d'euros par an: 100 millions représentés par des crédits communautaires (cette phase se termine avec le cadre financier 2007-2013), 100 millions d'euros fournis par Eurocontrol et 100 millions par l'industrie. Les crédits communautaires proviendraient des programmes cadres de recherche et de développement et des réseaux transeuropéens.

**3). La phase de déploiement (2010-1020):**

Cette phase correspondra à l'installation à grande échelle des nouveaux systèmes et à la mise en oeuvre généralisée des fonctionnalités qui y sont associées. Au cours de la phase de déploiement, le financement sera entièrement à la charge de l'industrie.

---

**III-3.4. Le CENA (Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne) :****a). Présentation :**

Le Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne (CENA) est un service de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) chargé d'études, recherches et expérimentations dans le domaine de la gestion du trafic aérien, et des moyens techniques associés de communication, navigation et surveillance.

Le CENA est installé sur deux sites à Athis-Mons près d'Orly et à Toulouse sur le site de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile.

Les études sont menées pour améliorer la sécurité et développer la capacité des systèmes de contrôle du trafic aérien. Dans nos systèmes l'homme le contrôleur comme le pilote continue à jouer un rôle essentiel. Le développement des futurs systèmes d'assistance au contrôle nécessite de mieux connaître les mécanismes cognitifs mis en oeuvre par les opérateurs (contrôleurs, pilotes, superviseurs), qui travaillent en coopération au travers des liaisons radio, téléphoniques ou numériques et de systèmes informatiques.

Les thèmes d'étude actuels sont les suivants :

- analyse de situation de maintenance opérationnelle dans les CRNA,
- analyse des communications entre opérateurs de maintenance opérationnelle et responsables de salle de contrôle,
- analyse du travail des responsables de salle de contrôle,
- fiabilité humaine des systèmes homme/machine de supervision technique,
- futur poste opérateur de maintenance opérationnelle,
- expérimentation/validation de système de supervision.

**b). Le projet ERATO :**

Le projet ERATO a été développé et expérimenté au CENA (Centre d'Etude de la Navigation Aérienne) par une équipe composée de contrôleurs, de cognitivistes et de programmeurs. ERATO est un complément des systèmes tels qu'on les trouve dans tous les centres «en route» modernes et n'impose aucun nouvel équipement de bord tel que la liaison de données, le FMS ou une navigation plus précise.

Sa spécificité résulte de la programmation de l'ordinateur de telle sorte qu'il puisse assister le contrôleur dans l'élaboration et l'affichage de ce qui a été appelé l'«agenda du contrôleur», c'est-à-dire la liste des «problèmes» en cours, tels que les contrôleurs peuvent les recenser sur la base des seules informations floues et incomplètes dont ils disposent. Cet «agenda du contrôleur» matérialise la «mémoire opérationnelle» du contrôleur qui en est d'autant soulagée et sert aussi de base efficace pour faciliter et renforcer la cohésion et la coordination au sein de l'équipe de contrôleurs de chaque secteur.

ERATO respecte toutes les conditions énoncées ci-dessus. Beaucoup de contrôleurs venant de différents centres de contrôle français et étrangers ont participé pendant plusieurs années à son expérimentation avec du trafic simulé. Ils se sont montrés capables de l'utiliser après une courte période d'initiation de quelques jours. Ils se sont déclarés avides de pouvoir le tester en environnement réel. La préparation de ce stade de validation opérationnelle est en cours en France.

ERATO a bien des chances d'ouvrir une première brèche dans le mur de l'automatisation.

En tant que tel, ERATO n'offre cependant pas de solution pour tirer tout le parti de toute l'information disponible, ou susceptible de le devenir, ni de toute la puissance des ordinateurs au sol et à bord.

### **III-3.5.Le projet SAINTEX :**

Dans le projet SAINTEX21, trois approches d'automatisation du contrôle en route sont abordées.

Le scénario « Détection-Résolution » est un système orienté système expert. Le système essaie de reproduire le comportement du contrôleur. Les conflits sont détectés en extrapolant les trajectoires d'avions 10 minutes dans le futur (6 minutes pour les avions évolutifs<sup>22</sup>). Aussitôt détecté, un conflit est classé suivant différents critères tels que l'angle formé par les trajectoires, le rapport des vitesses, etc. Pour chaque classe de conflits, une manoeuvre prédéfinie est appliquée. Le système expert ne peut résoudre qu'un conflit entre deux avions.



Dans le scénario "4D", une trajectoire sans conflit est générée pour tout avion entrant dans le secteur. Une trajectoire est représentée par un ensemble de points et de contraintes verticales. Pour chaque avion, on construit un tube 4D qui représente sa trajectoire compte tenu des incertitudes sur sa vitesse et sa position. Pour construire un tube admissible (sans conflit), SAINTEX fait diverses tentatives partant de la trajectoire idéale (directe) vers des trajectoires de plus en plus pénalisantes mais résolvant les conflits. Du temps que l'on consacre à la recherche d'une trajectoire admissible découle la qualité de la résolution. La trajectoire de l'avion est ensuite surveillée de manière à s'assurer que l'avion respecte bien la trajectoire qui lui a été affectée. Ce scénario, purement algorithmique, ressemble fortement à celui décrit dans ARC2000.

Dans le scénario hybride, les avions stables sont gérés par le système Détection-Résolution et les autres par le système 4D.

Utiliser un système expert pour résoudre un conflit à deux avions ne se justifie pas. Le projet SAINTEX, par définition, s'intéresse à la gestion automatique d'espaces aériens peu saturés. Le problème de la résolution des clusters d'avions est évoqué, mais non résolu.

### **III-3.6.Des systèmes distribués (avions autonomes et séparations embarquées) :**

#### **I1). The French Aerospace Lab (ONERA) et son projet d'automatisation :**

##### **a).presentation:**

Premier acteur français de la R&T aéronautique, spatiale et de défense, l'Office national d'études et recherches aérospatiales compte 2 000 salariés, dont 1 500 chercheurs, ingénieurs et techniciens, répartis sur huit sites en France.

L'Onera a été créé en 1946 autour de six missions clés :

- Orienter et conduire les recherches dans le domaine aérospatial
- Valoriser ces recherches pour l'industrie nationale et européenne
- Réaliser et mettre en oeuvre les moyens d'expérimentation associés
- Fournir à l'industrie des prestations et des expertises de haut niveau

- Conduire des actions d'expertise au bénéfice de l'Etat
- Former des chercheurs et des ingénieurs

Le rayonnement international de l'Onera n'a cessé de croître et 25% de ses activités sont conduites en coopération. Enfin le taux de contrats européens par chercheur est deux fois plus élevé que la moyenne des organismes français de recherche.

Les méthodes de résolution décrites dans ce paragraphe sont radicalement différentes de celles évoquées précédemment. Nous n'avons vu jusqu'ici que des projets basés sur des systèmes au 501. Le projet ATLAS (Air Traffic Land and Airborne Systems), étude de la Commission Européenne/DGXIII, est parmi les premiers projets à avoir envisagé l'hypothèse d'avions autonomes ou

hybrides en 1993. Plusieurs méthodes se sont appuyées sur cette hypothèse

#### **b) description de projet :**

La plus ancienne est celle étudiée par Karim Zeghal à l'Onera. Il introduisait la notion de coordination d'actions grâce à différentes forces qui s'exercent sur les agents, dans notre cas, les avions. Dans la mesure où le processus individuel ne nécessite que des informations locales à l'appareil, il peut fonctionner de façon autonome à partir d'une perception de son environnement. Il reste néanmoins de nombreux problèmes à résoudre : il faut maintenir une densité suffisamment faible d'avions (ces méthodes échouent relativement souvent lorsque le nombre d'avions est trop important), ou encore savoir donner des manœuvres simples au pilote.

#### **2). Le projet FREER (Free Route Experimental Encounter Resolution) :**

est né en 1995 au Centre Expérimental d'Eurocontrol. L'idée est de généraliser les règles de résolution du vol à vue par des EFR (Extended Flying Rules). Les concepteurs de FREER ont complété les règles de l'air de façon à pouvoir d'une part prendre en compte toutes les configurations de conflit à deux avions, et d'autre part définir un ordre total sur l'ensemble des avions dès lors qu'on s'intéresse à trois avions ou plus. Par exemple, si trois avions arrivent simultanément sur le même point en suivant des routes Nord, 120 degrés et 240 degrés, la règle de priorité à droite ne

permet pas de définir l'ordre de priorité pour ces trois avions. Le fonctionnement de FREER dans ce contexte n'a jamais été précisément décrit.

### **3). Le projet FACES :**

Développé au CENA, résout le problème de la coordination des avions par un mécanisme de distribution de jetons. Cet algorithme permet de construire un ordre total pour l'ensemble des avions, même si ceux-ci ne sont pas en visibilité directe les uns des autres. Une fois cet ordre défini, on utilise un algorithme classique pour résoudre les conflits. FACES a été testé en simulation arithmétique sur du trafic réel. Il permet de résoudre l'ensemble des conflits sur la France au dessus du niveau 300.

## **III-4.l'automatisation de l'ATC en Afrique :**

### **a)L'agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA)**

en charge d'un espace aérien de 16.100.000 Km<sup>2</sup> soit une fois et demi (1,5) la superficie de l'Europe, elle est composée de 14 états de l'Afrique de l'Ouest et centrale, Bénin, Burkina-Faso, Cameroun, Centrafrique, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Guinée Equatoriale, Niger, Sénégal, Tchad, Togo ainsi que Madagascar.

Cette agence créée en 1959, basée à Dakar, capitale du Sénégal, a pour mission d'assurer la sécurité de la navigation aérienne sur la totalité de l'espace aérien des états membres suivant les plans régionaux établis par l'OACI.

L'importance de l'ASECNA est caractérisée par son vaste champ d'action qui est la supervision de 10 centres de contrôle régionaux, 57 tours de contrôle, 25 aéroports internationaux, 76 nationaux et aussi par sa politique d'autonomie en matière de formation.

En effet l'agence dispose de ses propres écoles de formation, notamment l'école régionale de navigation aérienne et de management, l'école africaine de la météorologie et de l'aviation civile et l'école régionale de sécurité incendie.

Afin d'améliorer la sécurité, l'ASECNA coopère avec différents organismes internationaux tels que la direction générale de l'aviation civile en France et Eurocontrol et a noué des alliances avec notamment l'Algérie, en 1998, les pays de l'Océan indien en 2000 et avec son homologue sud africain, l'Air Traffic and navigation Services.

Avec un personnel de 5200 agents répartis sur 18 sites, l'agence tend à se diversifier dans l'assistance en escale et les services aéroportuaires en général par le biais de sa filiale ASECNA-Services qui serait chargé de fournir des prestations aux compagnies aériennes, de participer à la modernisation des infrastructures aéroportuaires (Ingénierie).

Quant au financement de cette agence africaine, il provient des rémunérations des services mis à la disposition des usagers (redevances de survols, etc....).

### **b). Projet ATMO2 : Automatisation des centres :**

ATMO2 est un programme d'automatisation des centres intégrant stripping, liaisons automatiques inter-centres et gestion de bases des données, avec pour objectifs :

- Le traitement des plans de vols et des messages associés ;
- Le traitement des Notam's, applications BNI et BIA ;
- le traitement des données météorologiques.

La fonction communication des MSG (CAT) est intégrée mais conserve sa spécificité (sites interconnectées via le réseau X25 ASECNA), et deux serveurs sont dédiés respectivement aux applications de la navigation aérienne et aux applications météorologiques.

Concernant le service ATS, le ATMO2 permet la saisie et la réception des FPL et des RPL ainsi des messages qui leur sont associées (CNL, CHG, DLA, ARR, DEP, SPL, RQP, RQS, ALR, RCCF) ainsi la validation des messages erronés.

Mais plus encore, il comporte la création d'une banque de données centrale strips, et affiche en temps réel une liste des vols : ATT, EVL, ACT, et DEP, ARR, Survol.

Il permet donc l'impression des strips de manière manuelle automatique, l'émission et la réception des messages de coordination , le traitement spécifique des messages RQP,ALR ,RCF ,et même le groupement et dégroupement des positions .

Ce nouvel outil exploité depuis cinq (06) ans déjà dans les centres des FIR de Dakar et de Niamey constitue un premier volet d'intégration dans un dispositif global d'automatisation des centres, un des défis majeurs de l'ASECNA.

**Remarque :**

Des détails sur le system ATC Algérien et l'expérience d'automatisation de l'ATC en (cf. 6).

## **IV-1. Vue d'ensemble du système du satellite de la navigation globale :**

### **IV.1.1. Présentation :**

Les systèmes de satellite de la navigation globaux (GNSS) placent mondialement des systèmes basés sur la constellation de satellites. GNSS est utilisé dans les 3 modes de transport (maritime, surface et aérien), et dans plusieurs applications professionnelles tel que les études, télécommunication et même les banques qui établissent des contacts synchronisés, et a un marché grandissant du consommateur personnel. Les recommandations de la communauté aéronautique mondiale lors de la 10<sup>ième</sup> Conférence de la Navigation Aérienne en 1991, suivies de celles du conseil de l'OACI approuvant, en Février 1994, les conclusions du comité FANS (Future Air Navigation Systems) ont permis de lancer la navigation par satellite. En octobre 1994, la lettre du gouvernement des Etats-Unis à l'OACI offrant, sans percevoir de charges directes, un service de positionnement ouvert à l'aviation civile, puis, en juin 1996, la lettre de la fédération de Russie proposant un service identique pour GLONASS ont donné une impulsion décisive permettant à l'OACI d'engager les travaux de standardisation du GNSS, avec pour objectif de définir des systèmes GNSS utilisables pendant toutes les phases de vol, de la navigation océanique aux atterrissages de précision de Catégorie III. Suite à ces décisions, les travaux du groupe d'expert GNSS Panel ont permis à l'OACI de publier, en Novembre 2002, dans l'Annexe 10 à la Convention de Chicago, des standards GNSS couvrant l'ensemble des phases de vol jusqu'aux approches de Catégorie I. Il fut décidé de s'arrêter aux applications de Catégorie I dans cette première version des standards GNSS car les travaux de définition et de validation des standards GNSS avaient montrés qu'avec les signaux actuels GPS ou GLONASS (mono-fréquence), il était très difficile d'assurer un niveau de performance tel que celui requis pour l'ILS ou le MLS Catégorie II/III.

Le GNSS repose essentiellement sur les deux systèmes GPS (USA) et GALILEO (UE). L'indépendance et l'interopérabilité des deux systèmes permet d'envisager l'avenir avec la plus grande confiance dans cette technologie: la notion

de continuité de service en cas de défaillance de l'un des deux systèmes, l'émission de messages d'intégrité propres à chaque système sont très importants.

#### **IV.1.2.Principe de fonctionnement :**

Les satellites dans les constellations du cœur diffusent un signal de réglage et un message de la donnée cela inclut leurs paramètres orbitaux (données de l'éphéméride). Le récepteur GNSS calcule la position, le temps et peut être autres informations selon l'application.

Les dimensions d'un minimum de 4 satellites sont exigées pour en établir 3 positions dimensionnelles (longitude, latitude et altitude) et le temps .L'exactitude dépend de la précision des dimensions du temps des satellites et la géométrie relative des satellites utilisées.

Une fois le récepteur détecte sa place, il peut prévoir son orientation (navigation) entre les points de voûte sélectionnée par une base de données dans le récepteur. L'orientation de l'avion est typiquement fournie à travers des indicateurs traditionnels de déviation ainsi qu'à travers les démonstrations de la carte amovible.

Afin de trouver les critères de la performance pour les applications critiques de sécurité de vie telles que l'aviation, GNSS doit être capable d'assurer l'intégrité, l'exactitude, la disponibilité et la continuité.

Les systèmes courants ne fournissent pas la performance adéquate pour les applications demandées, par conséquent les corrections ont besoin d'être prévu par leurs signaux pour être utilisé dans ces applications. De plus, les satellites GNSS peuvent, dans des circonstances exceptionnelles, transmettre des signaux inexacts ou signaux qui sont à l'extérieur des tolérances établies par le SARP, sans prévenir les utilisateurs .De tels incidents doivent être détectés par mode opportune pour l'amélioration de l'intégrité ,ou systèmes d'augmentation .

Les systèmes d'augmentation courants sont les systèmes des avions-basés (ABAS) ,les Systèmes d'augmentation des satellites basés (SBAS) ,les systèmes d'augmentation de sol-basés (GBAS) ,et les systèmes d'augmentation régional de sol -basés (GRAS).

Alors que seul l'ABAS repose sur les techniques traitant les avioniques spécifiées ou l'intégration des avioniques, les autres augmentations utilisent les stations d'interception des domaines pour vérifier la validité des signaux du satellites et calculer des corrections pour rehausser l'exactitude .SBAS délivre cette information par satellites géostationnaires partageant la fréquence L1 du GPS.

GBAS et GRAS utilisent les données VHF diffusant dans la bande de fréquence ILS/VOR.

## **IV.2.Le system du positionnement global (GPS) :**

### **IV.2.1.Présentation :**

Le système GPS comprend au moins 24 satellites artificiels orbitant à 20 200 km d'altitude. Ces satellites émettent en permanence un signal complexe (code pseudo-aléatoire) daté précisément grâce à leur horloge atomique, ainsi que des éphémérides permettant le calcul de leurs coordonnées prédites.

Ainsi un récepteur GPS qui capte les signaux d'au moins quatre satellites peut, en mesurant les écarts relatifs des horloges, connaître sa distance par rapport aux satellites et, par trilatération, situer précisément en trois dimensions n'importe quel point placé en dessous des satellites GPS (avec une précision de 15 à 100 mètres pour le système standard). Le GPS est ainsi utilisé pour localiser des véhicules roulants, des navires, des avions, des missiles et même des satellites évoluant en orbite basse.

Concernant la précision, le GPS étant un système développé pour les militaires américains, une disponibilité sélective (selective availability) a été prévue. Certaines informations peuvent ainsi être chiffrées et priver les personnes qui ne disposent pas des codes de la précision maximale. Pendant de nombreuses années, les civils n'avaient accès qu'à une faible précision (environ 100 m). Le 1<sup>er</sup> mai 2000, le président Bill Clinton a annoncé qu'il mettait fin à cette dégradation volontaire du service. Depuis, il est courant d'avoir une position précise à 20 mètres ou moins.

Certains systèmes GPS conçus pour des usages très particuliers peuvent fournir une localisation à quelques millimètres près. Le GPS différentiel (DGPS), corrige



ainsi la position obtenue par GPS conventionnel par les données envoyées par une station terrestre de référence localisée très précisément. D'autres systèmes autonomes, affinant leur localisation au cours de 8 heures d'exposition parviennent à des résultats équivalents.

Il est à noter que dans certains cas, seuls 3 satellites peuvent suffire. La localisation en altitude (axe des Z) n'est pas correcte alors que la longitude et la latitude (axe des X et des Y) sont encore bonnes. On peut donc se contenter de trois satellites lorsque l'on évolue au-dessus d'une surface « plane » (océan, mer). Ce type d'exception est surtout utile au positionnement d'engins volants (avions, etc.) qui ne peuvent de toute façon pas se reposer sur le seul GPS, trop imprécis pour leur donner leur altitude.

#### **IV-2.2. Inconvénients du GPS :**

Le GPS est un système sous contrôle de l'armée américaine. Le signal pourrait être dégradé, occasionnant ainsi une perte importante de sa précision, si le gouvernement des États-Unis le désirait. C'est un des arguments en faveur de la mise en place du système européen Galileo qui est, lui, civil et dont la précision théorique est supérieure. La qualité du signal du GPS a été dégradée volontairement par les États-Unis jusqu'au mois de mai 2000, la précision d'un GPS en mode autonome était alors d'environ 100 mètres. Depuis l'arrêt de ce brouillage volontaire voulu par le président américain Bill Clinton, la précision est de l'ordre de 5 à 15 mètres.

En démontrant ses performances exceptionnelles, puis en se vulgarisant, le GPS a modifié la perception du positionnement et de la navigation au sein même de la société. De ce fait, l'opinion publique, les institutions et les pouvoirs publics admettent de plus en plus difficilement qu'il soit possible de « ne pas savoir où l'on est » et dans les applications tant professionnelles que pour les loisirs, il est si facile à exploiter qu'il semble pouvoir décharger complètement les pratiquants des tâches de positionnement et navigation.

C'est peut-être le principal danger du GPS. En dépit de sa fiabilité et de sa précision, il faut garder à l'esprit qu'un tel appareil ne peut être fiable à 100%. En

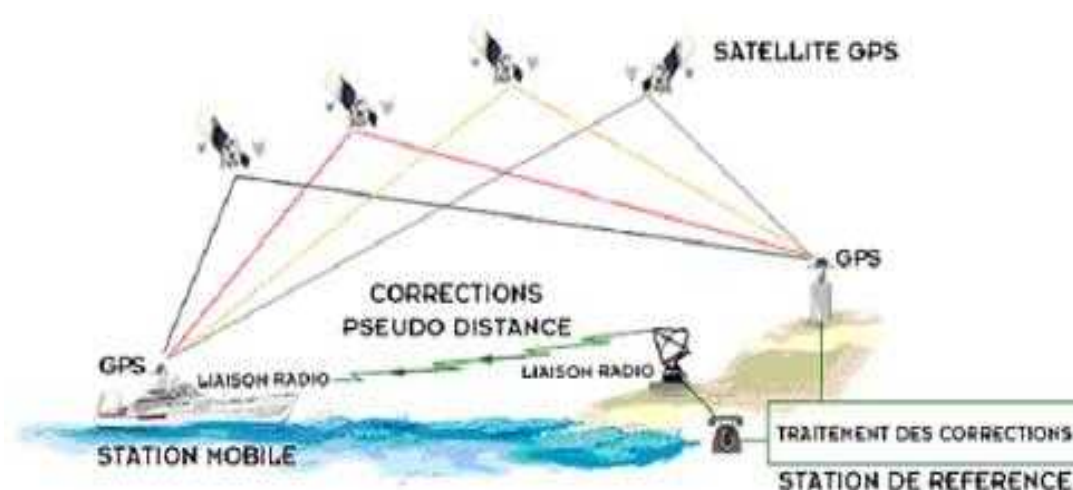
outre, sa précision peut être mise en défaut car la continuité du calcul reste fragile et peut être interrompue par :

- une cause extérieure de mauvaise réception : parasitage, orage, forte humidité
- une manœuvre au cours de laquelle la réception est masquée par la cellule
- l'alignement conjoncturel des satellites qui empêche le calcul précis (incertitude géométrique temporaire)

Des problèmes cartographiques peuvent également entrer en jeu, car le GPS ne donne pas une position par rapport à des repères au sol. Il se place par rapport à des satellites sur une grille qui est une définition mathématique du globe terrestre : la norme WGS 84. Il se peut qu'un obstacle, une destination - ou même tout le tracé d'une carte - soient positionnés suivant une autre référence ; or il en existe près de 200.

La légende de chaque carte signale presque toujours la référence utilisée et la majorité des récepteurs GPS modernes peuvent être programmés pour corriger leurs calculs en fonction d'une référence différente de la norme WGS 84.

### **IV.2.3.Principe du GPS différentiel (DGPS) :**



**Fig IV.1 : Principe de DGPS**

De plus, il existe des dispositifs comme le GPS différentiel (Differential global positioning system ou DGPS), qui permettent d'améliorer la précision du GPS en réduisant la marge d'erreur du système.

Le principe du DGPS est basé sur le fait qu'en des points voisins, les effets des erreurs de mesure (comme d'ailleurs les effets des erreurs ajoutées volontairement) sont très semblables : il suffit donc d'observer en un point connu les fluctuations des mesures, et de les transmettre à un récepteur observant les mêmes satellites, pour permettre à celui-ci de corriger une grande partie des erreurs de mesure, qu'elles soient liées au satellite (horloge), aux conditions de propagation (effets troposphériques, etc.) ou à des fluctuations volontaires du signal émis. On peut ainsi passer d'une précision de l'ordre de 10 à 20 mètres à une précision de 5 à 3 mètres sur une grande zone (plusieurs milliers de km) à partir d'un ensemble de stations fixes, idéalement réceptrices des mêmes satellites que les terminaux mobiles et qui calculent en permanence l'erreur de positionnement du GPS (puisqu'elles connaissent exactement leur position) et transmettent cette information par radio ou par satellite (Inmarsat ou autre).

Le mode « différentiel » existe en plusieurs variantes ; la plus élaborée utilise la mesure de la phase des signaux reçus (GPS RTK), et non le code binaire pour calculer les pseudo-distances ; à partir d'une station située sur un point connu distant de quelques kilomètres, on obtient ainsi à l'aide du GPS des positions précises à quelques centimètres près dans les trois dimensions (GPS géodésique ou cinématique), ce qui permet de l'utiliser non seulement pour des levés, mais aussi pour des implantations en topographie. On peut même atteindre quelques millimètres avec des logiciels de traitement très élaborés.

Des systèmes complémentaires d'amélioration de la précision ont été développés (SBAS, Satellite based augmentation system) comme WAAS en Amérique du Nord, MSAS au Japon ou EGNOS en Europe , des ABAS et des GBAS (voir la suite).

### **IV-3.GLONASS :**

Le GLONASS est dirigé par le gouvernement de la fédération russe, il émet deux types de signaux de la navigation : un signal de la navigation de précision standard SPS et un haut signal de la navigation de précision. Le positionnement de précision standard et les services de réglages sont disponibles pour tous les utilisateurs civils de GLONASS sur une base mondiale continue.

Cependant, il y a peu d'utilisateur de GLONASS du au nombre limité de satellites dans l'orbite et par conséquent, la disponibilité est réduite dans le service de positionnement.

La constellation GLOANSS intégrale sera composée de :

- la partie spatiale est constituée de 24 satellites, répartis sur 3 plans orbitaux à une altitude de 19 100 km. Contrairement aux satellites du système américain chaque satellite répète la même orbite après 8 jours. Chaque plan orbital comprend 8 satellites. Actuellement (2006) 2 plans sont complets.
- la partie au sol est composée de 5 stations, la principale se trouve à Krasnoznamenask dans la région de Moscou.

La Russie a fait savoir qu'elle était intéressée pour coopérer au futur système de positionnement de l'Union européenne, GALILEO. Le système GLONASS ne serait cependant pas abandonné, mais GALILEO serait son complément à partir de sa véritable entrée en service (vers 2012).

### **IV.4.GALILEO :**

GALILEO sera la constellation du satellite de la navigation globale propre à l'Europe, fournissant un service de positionnement global très exact et garanti sous contrôle civil. Le projet GALILEO a été lancé par l'ordre européen en coordination avec l'agence spatiale européenne (ESA). Il est planifié pour fournir des services supplémentaires d'intégrité sur une base « l'utilisateur paye ».

Le premier satellite expérimental, la partie soi disant fond d'essai du system GALILEO était lancé dans le deuxième semestre de 2005. Par la suite 4 satellites

opérationnels étaient lancés dans le délai 2005-2006 pour valider l'espace GALILEO de base et le segment moulu relatif. Une fois cette phase de validation dans l'orbite complétée, les satellites restants sont projetés d'être dans l'orbite dans 2008. La capacité opérationnelle pleine pour l'usage de l'aviation civile, y compris le service de sécurité de vie devrait être approximativement disponible en 2010.

Le système GALILEO complètement déployé consistera à 30 satellites (27 opérationnels+3 actifs), placés dans 3 orbites MEO. Une fois complète, les signaux de navigation diffusés par GALILEO fourniront une bonne couverture même aux latitudes atteignant 75 nord/sud degrés et plus.

Le grand nombre de satellites, avec l'optimisation de la constellation et la disponibilité des 3 satellites de rechange actifs, assureront que la perte d'un satellite n'a aucun effet visible sur l'utilisateur.

Deux centres de contrôle GALILEO (GCC) seront effectifs et implantés en Europe pour contrôler les satellites et performer la gestion de la mission de la navigation. Les données fournies par un réseau global de 20 postes capteurs GALILEO seront envoyées au GCCs à travers un réseau de communication redondant. Comme un trait supplémentaire, GALILEO fournira un complément à la recherche globale et la fonction de la délivrance, basé sur le système Cospas-Sarsat opérationnel.

Le système GALILEO est conçu afin que l'augmentation du satellite basé pour sa surface du service ne soit pas exigée. Le service de sécurité de vie sera entretenu disponible comme un service de valeur ajoutée à un coût supplémentaire mais qui sera garanti par un accord de performance entre le fournisseur du service GALILEO, l'ANSPs et les utilisateurs.

## **IV.5. Les systèmes d'augmentation du signal :**

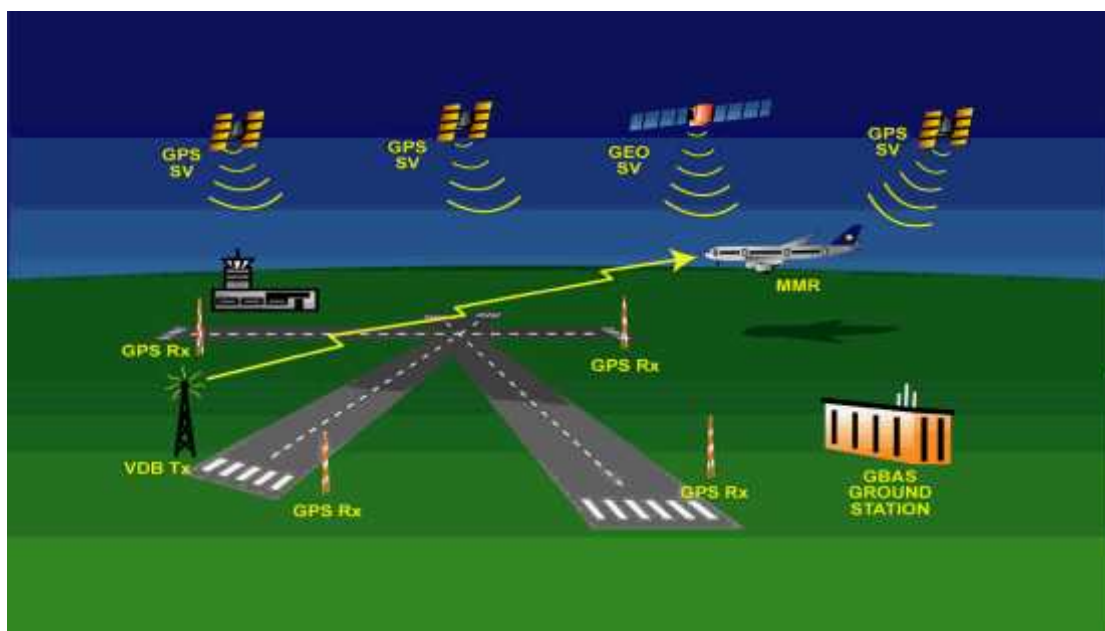
### **IV.5.1. Les systèmes de bord de renforcement GNSS Airborne Based**

#### **Augmentation System (ABAS) :**

Les systèmes GNSS ABAS utilisent uniquement des éléments de redondance interne à la constellation GPS, par exemple la multiplicité des mesures

de distance à différents satellites, ou la combinaison des mesures GNSS avec celles d'autres senseurs de navigation, tels que les centrales à inertie, pour élaborer un contrôle d'intégrité. Ce contrôle d'intégrité est crucial pour le GNSS car, selon les caractéristiques de défaillance autorisées dans les standards OACI, les satellites GPS peuvent conduire à des erreurs de position très importantes pendant des durées de plusieurs heures. Le renforcement de type ABAS le plus simple est traditionnellement dénommé RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring), il s'agit d'exploiter les redondances d'un nombre de mesures supérieur à quatre nombre minimum pour élaborer une mesure de position. C'est l'algorithme généralement implémenté dans les récepteurs GNSS de l'aviation générale ou d'une partie de l'aviation d'affaire. Pour les avions disposant d'une centrale à inertie, il est possible d'exploiter les propriétés complémentaires du GNSS et de l'inertie pour combiner leurs mesures et élaborer un contrôle d'intégrité. Il est à noter que contrairement aux autres renforcements de type GBAS et SBAS, le renforcement ABAS ne permet pas d'améliorer la précision de positionnement. En conséquence, compte tenu des exigences de l'Annexe 10 pour les opérations utilisant le GNSS, l'utilisation des systèmes ABAS est limitée au mieux aux approches de non précision.

#### **IV.5.2. Les systèmes de renforcement GNSS par station sol GNSS Ground Based Augmentation System (GBAS) :**



**Fig. IV.2 : Principe de fonctionnement de GBAS**

Pour réaliser des opérations de type approche de précision de Catégorie I, il est nécessaire de pouvoir éliminer un certain nombre d'erreurs de mesure des signaux transmis par les satellites GNSS, en particulier les erreurs de trajectographie et d'horloge ainsi que les erreurs dues à la propagation dans l'ionosphère. La méthode la plus classique repose sur une technique appelée différentiel local, où une station de référence située sur un aéroport par exemple, permet de mesurer précisément ces erreurs et donc de les retransmettre à un usager pour qu'il puisse les ôter de sa propre mesure. La norme GBAS de l'OACI repose sur cette technique via l'utilisation d'une liaison de données dans la bande de fréquences VHF des systèmes ILS – VOR (108 – 118 MHz). Les autres éléments transmis sur cette liaison VHF sont les données d'intégrité des différents satellites en vue, ainsi que la base de données utilisée pour le segment d'approche final. Pour une station GBAS, la couverture est d'environ une trentaine de km, donc typiquement une zone d'approche associée à un aéroport, et une seule station GBAS peut fournir des approches à toutes les pistes de cet aéroport. Les standards OACI les plus récents prévoient qu'il soit possible d'interconnecter des stations GBAS pour former un réseau diffusant des corrections différentielles à grande échelle, un tel système étant identifié plus précisément par l'acronyme GRAS (Ground Regional Augmentation System).

#### **IV.5.3. Les systèmes d'augmentation de la précision du positionnement par satellites (Satellite-Based Augmentation Systems [SBAS]) :**



**Fig.IV.3 / couverture de : MSAS, WAAS, CWAAS, EGNOS**

sont des réseaux de stations-relais terrestres et de satellites géostationnaires conçus pour recevoir les signaux des satellites GPS et transmettre des mesures de temps et de distance corrigées, augmentant ainsi considérablement la précision des mesures. De tels systèmes comportent donc, d'une part, des stations-relais et d'observation implantées sur des positions connues à travers le monde, et, d'autre part, des satellites géostationnaires en orbite fixe autour de la Terre. A partir de ces données de distance connues, et afin d'améliorer la précision des récepteurs dans des régions données, les SBAS corrigent les signaux des satellites GPS comportant des erreurs liées au retard atmosphérique, à l'inexactitude du positionnement des satellites et à leur mauvaise géométrie, parfois dues à leur alignement et leur trop grande proximité. Les SBAS jouent un rôle déterminant dans le domaine des transports aériens et dans d'autres applications où la précision et la fiabilité des mesures sont essentielles. En outre, les récepteurs qui peuvent fonctionner avec les SBAS sont compatibles entre eux, puisqu'ils utilisent les mêmes fréquences de signal que le positionnement par satellites. Trois systèmes d'augmentation de la précision sont aujourd'hui à différents stades de développement en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. L'incroyable précision d'ores et déjà obtenue grâce à des SBAS, est particulièrement recherchée dans des domaines aussi divers que l'agriculture, les mines ou d'autres industries, ainsi que pour la randonnée, la plaisance, la chasse, les voyages et beaucoup d'autres activités liées aux loisirs et au commerce. Et parmi ces systèmes SBAS on trouve :

**a). WAAS (Wide Area Augmentation System):**

Le système WAAS fournit en Amérique du Nord des corrections et une validation des mesures de positionnement par satellite, portant la précision des récepteurs compatibles WAAS à un niveau au moins cinq fois plus élevé que celui des récepteurs standards. Des stations-relais WAAS sont implantées sur des positions connues à travers toute l'Amérique du Nord.

Les récepteurs compatibles avec ce système n'exigent aucun équipement supplémentaire pour la réception des signaux de correction WAAS et, comme pour les signaux GPS, il n'y a aucun frais d'installation ou d'abonnement. La précision du



système WAAS est de trois mètres ou moins. Les améliorations du système, actuellement en préparation, porteront bientôt la précision à moins d'un mètre.

La Federal Aviation Administration (FAA) américaine prévoyait, en 2003, l'homologation du système WAAS pour les manoeuvres en basse altitude, l'approche avec instruments et d'autres applications délicates en aviation.

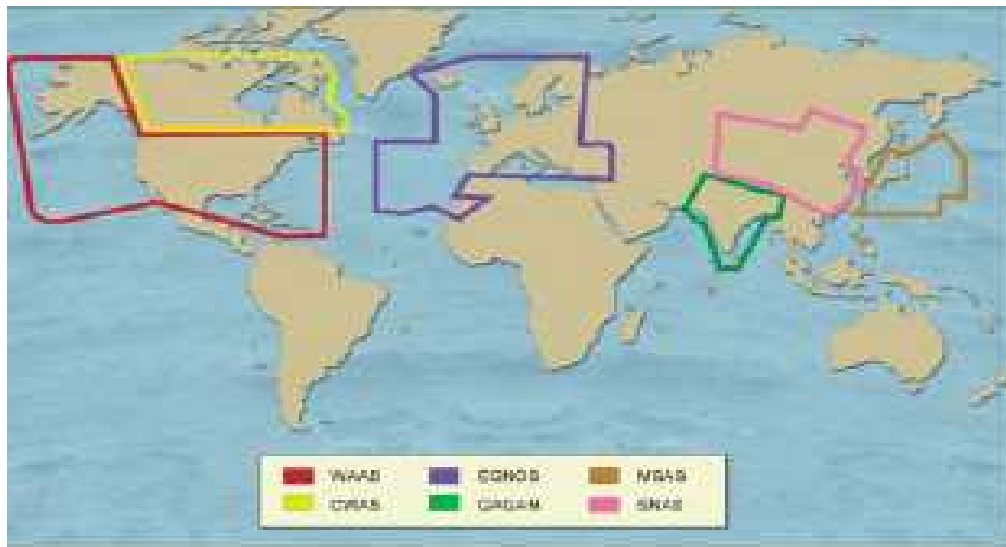
#### **b).MSAS (Multifunctional Transport Satellite-based Augmentation System):**

MSAS fournit en Asie des corrections et une validation des mesures de positionnement par satellites, portant la précision des récepteurs compatibles avec les SBAS à un niveau au moins trois fois plus élevé que celui des récepteurs standards. Des stations-relais MSAS sont implantées sur des positions connues à travers l'Asie.

Les récepteurs compatibles avec les SBAS n'exigent aucun équipement supplémentaire pour la réception des signaux de correction MSAS et, comme pour les signaux GPS, il n'y a aucun frais d'installation ou d'abonnement. MSAS, dont la précision est de cinq mètres ou moins, sera pleinement opérationnel en 2005 ; il permettra d'accroître la sécurité et la capacité des transports aériens dans les régions d'Asie bordant le Pacifique.

#### **c).D'autres SBAS dans le monde :**

Parmi ces SBAS on cite : **CWAAS** pour le Canada. Le système **SNAS** (**S**atellite **N**avigation **A**ugmentation **S**ystem) de la Chine entre dans cette catégorie. L'Inde a également entrepris d'implanter son propre système **GAGAN** (**G**PS **A**nd **G**EO **A**ugmented **N**avigation. Gagan signifie : le ciel) (voir figure ci-dessous). A tous ces systèmes s'ajoute le système Européen EGNOS qui sera détaillé dans le chapitre suivant.



**Fig.IV.4 : les différents SBAS dans le monde**

**IV.6.Les utilisations des ces systèmes dans la navigation :**

Le GPS américain est déjà utilisé en Europe, notamment à bord de nombreux avions, comme moyen de répondre aux exigences RNAV (Basic Area Navigation). Le SBAS est en train de s’installer avec la mise en place du système américain WAAS (Wide Area Augmentation System), de l’EGNOS (système européen de navigation par recouvrement géostationnaire) et le MSAS japonais (Multi-Functional Transport Satellite Augmentation System). L’Inde projette également d’installer un SBAS. Le développement du GBAS continue, dans un premier temps pour soutenir l’approche de précision de catégorie I, puis, pour finir, soutenir les opérations des catégories II/III (voir Figure suivante).

OPERATION	En route	Terminal	NPA	APV I	APV 2	PA CAT I	PA CAT II	PA CAT III	Airport Surface
ABAS	Red	Red	Red						
SBAS	Green	Green	Green	Green	Green	Green with dots			
GBAS						Yellow	Yellow with dots	Yellow with dots	Yellow with dots

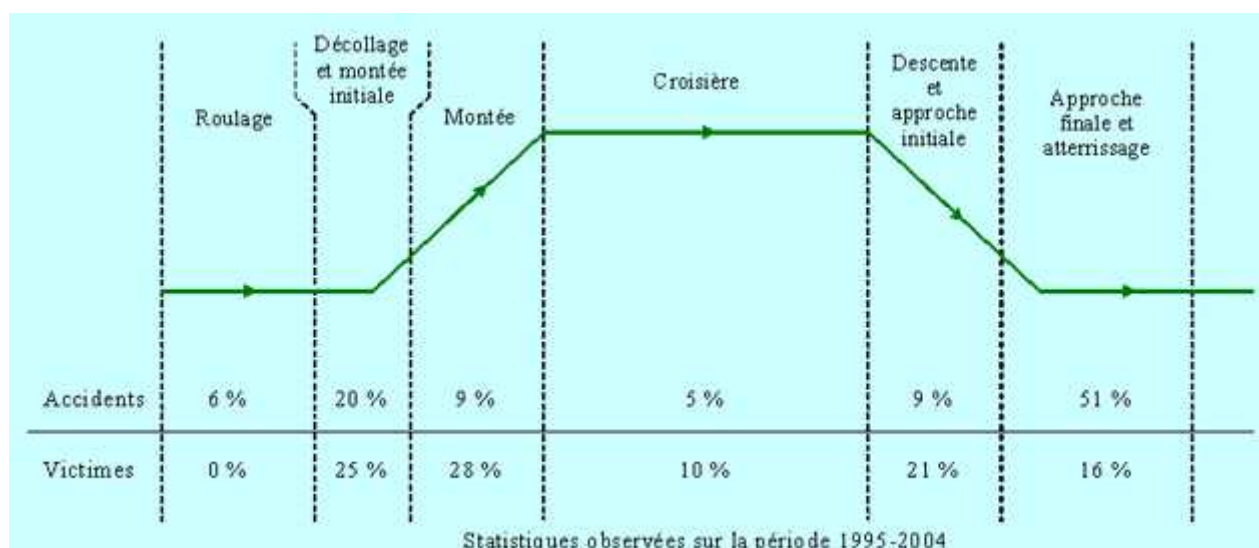
**Fig IV.4 :l’utilisation des augmentations dans les différentes phases du vol**

Les différents signaux et systèmes seront disponibles pour assurer les différentes opérations dans le domaine aéronautique comme suit :

- GPS L1+SBAS L1 assureront les opérations APV1 dans le CONUS et les APVII dans CEAC ;
- GPS L1/L5 +SBAS L1/L5 assureront les opérations de catégorie I ;
- GALILEO L1/L5 assurera les opérations des APVII ;
- GBAS assurera dans une phase initiale assurera les opérations de catégorie I basé sur le signal GPS ;
- Dans une phase finale GBAS assurera les opérations de catégorie II/III basé sur les signaux GPS L1/L5 ou GALILEO L1/E5

#### **IV-7.Le GNSS et les approches :**

En analysant le diagramme des accidents en fonction des phases du vol, les accidents en phases d'approche constituent le plus grand pourcentage des accidents et pour cela l'utilisation des nouveaux systèmes GNSS en phase d'approche s'avère trop important pour garantir la sécurité.



**Fig.IV.6 : Les statistiques des accident et incidents en fonction de phase du vol 1995-2004**

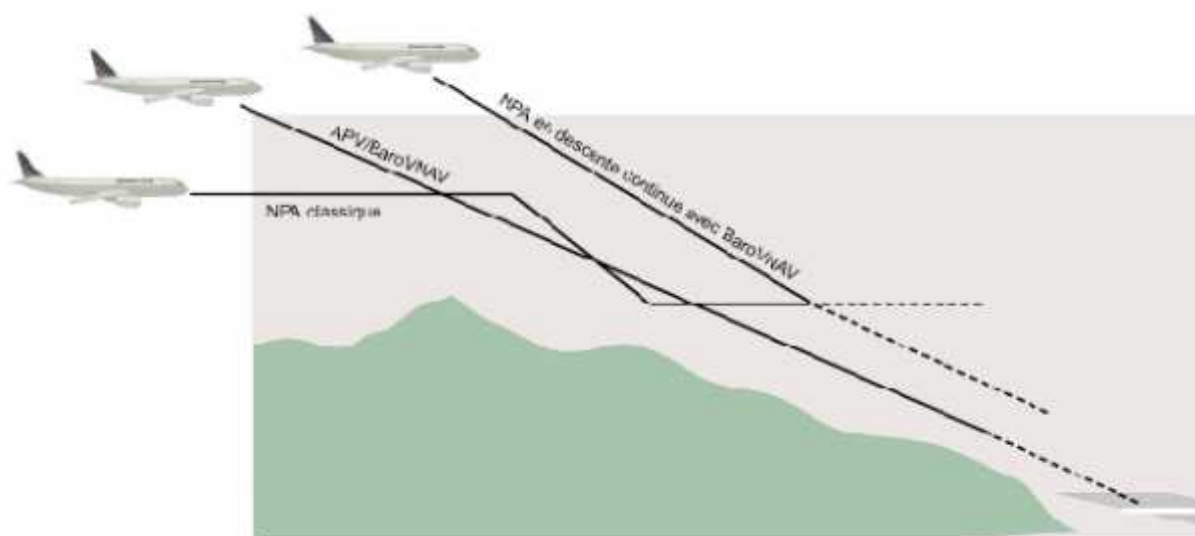
Donc plus de 60 % des accidents et incidents sont dans la phase d'approche initial et final et atterrissage.

### **IV-7.1.La problématique du guidage vertical :**

En parallèle à la définition du GNSS à l'OACI, de nombreuses études avaient montré que, dans le domaine des approches, il était crucial de réduire le taux d'accident causés par des CFITs (Controlled Flight Into Terrain), ceux-ci représentant un pourcentage important. En particulier, une étude statistique de Flight Safety Foundation publiée en 2001 avait permis de quantifier qu'en moyenne le risque d'incident grave ou d'accident est 7 à 8 fois plus élevé sur une approche de non précision (ou approche classique) que sur une approche de précision, l'augmentation du facteur de risque étant principalement due à l'absence de guidage vertical.

Or, pour des raisons économiques évidentes, il n'était pas possible à l'OACI de recommander aux Etats de déployer massivement des systèmes d'approche de précision (ILS Cat I ou GNSS GBAS Cat I) sur les aéroports pour assurer un guidage vertical sur l'ensemble des pistes d'atterrissage. Par ailleurs, le point important pour améliorer la sécurité étant la présence d'un guidage vertical stabilisé, mais, pas nécessairement l'exigence d'un niveau de précision comparable à l'ILS, l'OACI décida, de façon pragmatique, d'introduire dans la classification des approches de l'Annexe 6 à la Convention de Chicago une nouvelle catégorie d'approches de navigation de surface (RNAV): l'APV (APproach with Vertical guidance). Cette catégorie intermédiaire entre les approches de non précision et les approches de précision visait donc à permettre d'utiliser des systèmes de précision inférieure à l'ILS tout en assurant un guidage vertical stabilisé.

### **IV-7.2.L'APV BaroVNAV :**



### **Les approches BaroVNAV**

#### **a) La standardisation des procédures APV/BaroVNAV :**

On aurait pu s'en tenir à cette utilisation des systèmes BaroVNAV dans le contexte opérationnel bien précis des approches de non-précision ; mais la flotte étant bien équipée à la fin des années 1990 (on peut estimer aujourd'hui que 80 % des avions se posant à Roissy sont équipés de systèmes BaroVNAV), il était tentant de proposer des critères de conception de procédures basées sur l'utilisation de ces mêmes systèmes BaroVNAV, et répondant à la nouvelle catégorie d'approches définie par l'OACI, les APV (APproach with Vertical guidance). Le groupe d'experts OCP (Obstacle Clearance Panel) de l'OACI se mit donc au travail sur ce sujet, et les premiers critères de conception de procédures APV furent publiés dans les documents PANS-OPS de l'OACI avec une date d'applicabilité en Novembre 2001. Toutefois les surfaces d'évaluation d'obstacle retenues pour ces nouvelles procédures avaient initialement été définies de façon très prudente, et les minima associés étaient assez élevés, parfois même plus élevés que pour les procédures d'approche de non-précision existantes. L'OCP travailla donc sur de nouveaux critères plus performants, approuvés récemment par l'OACI avec une date d'applicabilité en Novembre 2004. L'OCP a également proposé que les minima correspondant à ces approches APV/ BaroVNAV soient identifiés sur les fiches

d'approches par le terme LNAV/VNAV (Lateral Navigation/Vertical Navigation), alors que les minima des approches de non précision sont identifiés seulement par le terme LNAV.

Le guidage latéral de ces APV/BaroVNAV peut être assuré par certains systèmes de navigation de surface (RNAV) déjà standardisés pour évoluer dans le plan horizontal en approche de non-précision. Il s'agit en particulier des systèmes comme le GNSS avec renforcement ABAS, ou bien des systèmes de navigation de surface RNAV DME/DME.

Bien que la flotte soit relativement bien équipée, la mise en œuvre des procédures APV BaroVNAV par les Etats reste actuellement un sujet très controversé. En effet, si dans un contexte d'approche de non précision l'utilisation des systèmes BaroVNAV visant à améliorer la sécurité sans changer les minima opérationnels, ne semble pas poser de problèmes majeurs, l'utilisation de ces mêmes systèmes BaroVNAV pour profiter de minima plus performants, et en particulier réduire les marges de franchissement d'obstacle a été remise en question récemment par plusieurs Etats Européens.

#### **b).Les difficultés liées à l'approbation opérationnelle de l'APV/BaroVNAV :**

Il y a plusieurs raisons à ces difficultés. Tout d'abord, le principal règlement de certification est toujours aujourd'hui la circulaire US de 1988 mentionnée ci-dessus et reconnaissant aux systèmes bord BaroVNAV un statut consultatif (advisory). Or les approches APV/BaroVNAV sont conçues comme des approches faisant appel à un système de navigation primaire, il n'est donc pas évident que les systèmes conformes à l'AC 20-129 possèdent le niveau de sécurité requis. Un problème clef est en particulier lié à l'intégrité des bases de données de navigation, leur corruption par des FMS ne possédant pas les niveaux de sécurité requis pouvant avoir des conséquences catastrophiques.

D'autre part, pour tous les autres types d'approches avec guidage vertical standardisés par l'OACI (ILS, MLS, GBAS, SBAS, etc..), il existe une possibilité d'effectuer une vérification croisée de la pente d'approche du système transmettant

le guidage vertical avec l'altitude ou la hauteur barométrique au passage d'un point sol particulier de l'approche. Cette procédure est importante car elle permet de vérifier qu'il n'y a pas d'erreur grossière, soit sur la pente d'approche du système de guidage radioélectrique soit sur le calage altimétrique sur lequel le pilote doit se baser pour l'identification des minima opérationnels. Il existe dans le passé d'innombrables exemples où cette procédure de vérification croisée a permis de détecter des variations du plan d'approche ILS, causées par exemple par des quantités importantes de neige, un changement de nature du sol (végétation, humidité, etc...), ou bien des erreurs de calage altimétrique du pilote, un cas fréquent étant l'oubli du passage du calage QNE 1013 au QNH à l'altitude de transition. Or pour les approches APV/Baro-VNAV, le baromètre est la source commune d'information pour le guidage vertical et de l'altimétrie. Il existe donc la possibilité d'un mode commun de défaillance, par exemple une erreur grossière de calage altimétrique pourrait impacter simultanément la pente d'approche et les minima opérationnels, sans possibilité de vérification croisée. A cet effet, le document PANS OPS de l'OACI sur les procédures pour les équipages signale la nécessité de mettre en œuvre des moyens complémentaires pour limiter l'impact sur la sécurité des erreurs grossières (blunder errors) de calage altimétrique provenant du sol ou du bord ; mais il n'existe pas aujourd'hui de méthode standardisée, et certains Etats, pensent que des travaux complémentaires de l'OACI sont donc nécessaires.

### **IV-7.3.Les APV GNSS:**

#### **a)Les principales caractéristiques des APV I – II :**

A contrario des APV/BaroVNAV, la standardisation des systèmes GNSS GBAS et SBAS par l'OACI et l'industrie des équipements de bord EUROCAE/RTCA, a intégré dès le départ les principales caractéristiques des approches de précision, telles que fournies aujourd'hui par l'ILS.

Lors des travaux de définition des exigences applicables aux divers systèmes GNSS, deux nouveaux niveaux de performance ont été définis : les niveaux d'approche avec guidage vertical APV-I et APV-II. Bien que ces niveaux de performance soient a priori indépendants d'un renforcement GNSS particulier, il a été

vérifié que les GNSS à couverture à grande échelle, en particulier les renforcements par satellite géostationnaire SBAS, permettaient d'être compatibles APV I ou II. A titre indicatif, le système SBAS qui couvre les Etats-Unis (WAAS) a aujourd'hui un niveau de performance compatible APV-I, alors que le système Européen EGNOS ainsi que le futur système GALILEO, ont été définis pour assurer un niveau de performance APV-II.

Ces exigences APV-I et APV-II ont été dérivées des exigences applicables à la Catégorie I, à l'exception de celle relative au guidage vertical qui demande dans 95% des cas une précision de 20 m pour l'APV-I, et une précision de 8 m pour l'APV-II au lieu des 6 m requis pour la Cat-I. On peut noter que l'ensemble des autres exigences (précision, intégrité, continuité de service) sont identiques à celles requises pour la Catégorie I, en particulier celles relatives au guidage latéral. Pour cette raison, il a été un temps envisagé de référencer ces niveaux de performance comme des approches de précision, de catégorie inférieure à la Catégorie I mais, lorsque la classification de l'OACI a été étendue aux APV, il est paru plus simple d'utiliser cette nouvelle classe d'approches.

Une autre caractéristique importante des approches SBAS APV-I ou II est la standardisation d'un block de données protégé par un mécanisme de type CRC (Cyclic Redundancy Check) toute la base de données nécessaire pour le segment d'approche final. Ceci assure que la base de données SBAS pourra être garantie avec un très haut niveau d'intégrité lors de son cheminement du fournisseur de données à l'utilisateur et qu'elle ne pourra pas être corrompue sans détection par l'avionique, à contrario des bases de données utilisées pour les approches RNAV de non précision et APV/BaroVNAV.

Par ailleurs, le concept opérationnel dit « ILS look alike » a été retenu pour les approches SBAS par l'OACI et le comité de standardisation RTCA. En pratique, ceci signifie que pour les pilotes les approches APV SBAS seront très semblables à des approches ILS. Ceci a conduit la FAA à définir ce nouveau type d'approches GNSS comme des approches LPV, ce qui signifie Localizer Precision with Vertical guidance.



En utilisant les caractéristiques de performance APV-I et II décrites dans l'Annexe 10 et le concept opérationnel ILS Look alike, le groupe OACI OCP (Obstacle Clearance Panel) a donc récemment défini des critères de conception de procédures d'approche avec guidage vertical APV I et II utilisant le SBAS. Ceux-ci seront applicables en Novembre 2006. Les minima correspondant à ces approches APV I ou II seront identifiés sur les fiches d'approches par le terme LPV (Localizer Precision with Vertical guidance), qui a été explicité ci-dessus.

En résumé, la principale caractéristique des approches GNSS basées sur les niveaux de performance APV-I et II est donc de fournir un guidage géométrique et indépendant de l'altimètre, comparable à celui fourni par un ILS. La seule différence résidant dans la moindre précision du guidage vertical, il a été décidé de limiter les minima à 250 ft au lieu de 200 ft pour la Cat. I.

#### **b). Les difficultés liées au taux d'équipement des flottes :**

Ces caractéristiques techniques sont très intéressantes en pratique, car elles permettent aux Etats d'envisager l'introduction du guidage vertical avec des conditions de sécurité bien meilleures que celles fournies par les systèmes BaroVNAV et d'améliorer l'accessibilité aux aéroports grâce à des minima réduits. Par ailleurs, contrairement aux systèmes BaroVNAV qui sont réservés à certains avions équipés de FMS, les récepteurs SBAS ont été standardisés pour pouvoir être installés sur tous types d'appareils, des monomoteurs de l'aviation générale aux quadri-réacteurs équipés de récepteurs Multimode (MMR).

La 11<sup>ème</sup> Conférence de la Navigation Aérienne de l'OACI qui s'est tenue en Septembre 2003 a validé ces bénéfices potentiels des approches APV GNSS en recommandant le déploiement d'approches utilisant le niveau de performance APV-I au plan mondial, en utilisant notamment dans un premier temps les systèmes GNSS SBAS. Dans la même ligne, la nouvelle Stratégie Approche & Atterrissage de l'Annexe 10 de l'OACI (Normes et pratiques recommandées pour les systèmes de Télécommunications Aéronautiques – Volume I, Systèmes de radionavigation), qui sera applicable en Novembre 2005, signale que la stratégie mondiale consiste à

encourager les opérations avec APV, en particulier celles qui comportent un guidage vertical GNSS, pour améliorer la sécurité et l'accessibilité.

Le principal problème qui se pose aujourd'hui pour réaliser ces bénéfiques opérationnels est lié au taux d'équipement des flottes. En effet, comme pour toute nouvelle technologie, une phase de transition pour mettre à niveau les équipements de bord est nécessaire. Pour un usager équipé d'un récepteur GNSS ABAS il faut au minimum une mise à jour du logiciel pour décoder les signaux des satellites géostationnaires du SBAS. De plus, pour réaliser des approches APV I ou II conçues, comme des approches de précision, un niveau de sécurité du logiciel et des taux de rafraîchissement des données en sortie des récepteurs plus importants que ceux généralement prévus pour les récepteurs ABAS sont nécessaires. En conséquence, il faut prévoir une nouvelle carte et une certification spécifique de la fonction SBAS dans le récepteur multi mode (MMR) de tout avion équipé.

Il faut également mentionner qu'il existe, dans la communauté des usagers, une certaine confusion liée à la dénomination commune sous le sigle « APV » des approches APV/baroVNAV et des approches APV I ou II GNSS. Les aviateurs et les compagnies ayant équipés leurs flottes de systèmes baroVNAV sont plus enclins, pour des raisons de retour sur investissements évidents, à essayer de maximiser l'utilisation des systèmes de bord existants plutôt que d'en installer de nouveaux. Comme l'a montré cet article, les caractéristiques des APV/baroVNAV et des APV I ou II GNSS sont en fait très différentes, mais la communauté aéronautique n'en est pas forcément très consciente et on peut noter jusqu'à présent une certaine opposition à l'équipement en senseurs SBAS de la part des usagers les mieux équipés en senseurs baroVNAV aujourd'hui.

Pour toutes ces raisons, la mise à niveau du parc des usagers prendra du temps, et il est important d'être actif en développant des procédures APV I ou II, pour créer une dynamique positive. C'est actuellement la stratégie de la FAA et également celle des autorités de l'EUROCONTROL.

**IV-7.4 :L'avenir pour les APV GNSS :**

Rappelons également que les APV GNSS ne sont pas limitées au SBAS. En effet les systèmes SBAS, en particulier EGNOS et WAAS, sont les premiers GNSS à avoir été conçus pour pouvoir assurer des approches avec guidage vertical répondant aux exigences APV-I ou II, mais d'autres systèmes GNSS pourront également fournir à terme ces niveaux de performance. On peut par exemple citer un nouveau système de renforcement à couverture étendue, conçu comme un réseau interconnecté de stations GBAS, et qui pourrait être opérationnel en Australie dans quelques années, le GRAS (Ground Regional Augmentation System). De même le projet Européen de constellation Galileo est actuellement conçu pour être compatible APV-II, avec une couverture mondiale associée à ce niveau de service.

Les travaux engagés aujourd'hui à l'OACI, aux Etats-Unis et en Europe pour mettre en œuvre opérationnellement les APV I ou II SBAS bénéficieront donc également à la mise en œuvre d'APV I ou II qui pourront être assurés par d'autres renforcements GNSS. C'est, entre-autres, pour cette raison que la Commission Européenne a décidé d'intégrer EGNOS au sein du programme GALILEO, puisqu'il est estimé que la mise en œuvre opérationnelle des APV EGNOS permettra de faire gagner quelques années sur la mise en service des APV GALILEO.

### **V-1.Présentation:**

Le système EGNOS, pour European geostationary navigation overlay system, soit Système européen de complément à la navigation géostationnaire, est un réseau de 40 stations terrestres qui corrige les signaux des systèmes de positionnement américain GPS et russe GLONASS, et améliore à la fois leur fiabilité et leur précision. Il est épaulé par trois satellites propres. Il préfigure le système de positionnement européen GALILEO. Quand le système GALILEO sera déployé, EGNOS diffusera également des données de correction pour ce système.

### **V-2.Organisation de système EGNOS :**

Le programme EGNOS a démarré en 1994 sous l'impulsion du CNES et de la DGAC et a été officiellement lancé en 1998, date à laquelle la gestion du programme a été confiée à un groupe européen tripartite comprenant la Commission européenne, l'ESA et Eurocontrol.

Le développement du programme a été confié à l'ESA qui est responsable du design, du développement et de la validation du système et qui est propriétaire des éléments développés pour le compte de ses Etats Membres. La maîtrise d'oeuvre du projet a été confiée à Alcatel Alenia Space (Toulouse).

Eurocontrol est responsable de la validation opérationnelle pour l'aviation civile et vise à valider EGNOS pour des approches avec assistance verticale (APV-I et APV-II) et de précision (CAT-I), la navigation en route et en zone terminale.

EGNOS devrait se concrétiser en 2006 en terme de validation opérationnelle pour une mise en oeuvre effective en 2007. Les services fournis par EGNOS constitueront un acquis et le retour d'expérience européen nécessaire jusqu'à l'arrivée du système de navigation européen GALILEO vers 2010 et plus performant que l'ensemble « GPS + EGNOS » ; mais dont il sera plus complémentaire que concurrent. En effet, conçu pour être inter-opérables, les systèmes GPS+SBAS d'une part et GALILEO d'autre part, se compléteront pour être plus performants ensembles qu'utilisés séparément.

Un banc de test EGNOS, l'ESTB (EGNOS System Test Bed) est disponible et opéré par le CNES sous contrat de l'ESA depuis 2000 à Toulouse, et sert de démonstrateurs pour les futurs services d'EGNOS.

### **V-3.Le programme EGNOS :**

#### **a).Le cadre institutionnel :**

Suite à une décision fin 2004 du conseil européen d'intégrer le programme EGNOS au sein du programme GALILEO en tant que première étape du GNSS européen, l'ESA a mis en place en 2005, avec le support de ses états membres, un programme faisant suite au programme d'implémentation d'EGNOS, appelé « GNSS Support programme » d'une durée d'environ 18 mois. Ce programme est découpé en 4 tâches :

- Tâche1 : fourniture signal et données EGNOS ;
- Tâche 2 : Maintenance d'EGNOS ;
- Tâche 3 : Support technique à la certification, validation et développement d'applications ;
- Tâche 4 : Support technique à la coopération internationale ;

La tâche1 a pour objectif l'exploitation d'EGNOS visant à fournir le signal et les données EGNOS à un niveau de service adéquat et à prouver que ce niveau de performance de service peut être maintenu. Elle est découpée en 2 étapes : une première étape visant à mettre en place et stabiliser le concept d'opérations, puis une étape dite de qualification opérationnelle visant à qualifier les procédures opérationnelles et prouver que l'opérateur est apte à continuer à exploiter le système en offrant le niveau de service attendu par des applications mettant en jeu la sécurité des personnes.

La tâche 1 englobe également la fourniture de services de communication, liaisons terrestres et transpondeurs de satellites géostationnaires, et de services d'hébergement pour les stations de réception et d'émission des signaux.

### **V.3.1.La phase préparatoire à l'exploitation :**

En 2001, plusieurs des principaux fournisseurs européens de service de navigation aérienne se sont associés pour créer un Groupement d'Intérêt Economique Européen (GIEE), baptisé ESSP (European Satellite Services Provider). Ces organisations sont également membres du groupe dit des EOIG (EGNOS Operator and Infrastructure Group) regroupant les principaux partenaires et contributeurs du programme EGNOS, hors ESA, Commission Européenne et Eurocontrol. Leurs contributions ont consisté depuis le lancement du programme EGNOS en 1998 en des apports financiers et divers services (expertise, hébergement d'infrastructure...). Les EOIG et l'ESA sont liés par des accords dits BLA (Bi-Lateral Agreement) qui stipulent, au-delà des engagements des parties dans le cadre du programme de développement EGNOS, le rôle des EOIG dans le cadre de l'exploitation d'EGNOS, comme l'hébergement d'équipements ou l'exploitation de parties du système.

ESSP a donc été créée pour devenir l'exploitant d'EGNOS et coordonner les activités de ses membres qui assurent les tâches d'opérations et de maintenance du système.

Dans le cadre des accords BLA, les organisations EOIG ont participé activement au suivi du développement du système en support à l'ESA. Par cette activité, elles ont commencé à acquérir des connaissances sur le fonctionnement du système lui-même et le concept d'opérations associé. Cependant, au vu de la complexité du système, les activités dédiées à la préparation de l'exploitation d'EGNOS ont démarré en 2004 avec la mise en place de moyens humains spécifiques dans chaque organisation, EOIG mais aussi ESSP.

En accord avec l'ESA, ces activités de préparation ont eu pour objectif de définir un concept d'opérations prenant en compte les spécificités de l'organisation ESSP/EOIG basé sur celui défini par le consortium industriel dans le cadre du contrat de développement. Au vu des importants moyens nécessaires à ces travaux et afin de bien structurer le travail en coordination avec l'ESA, cette dernière a passé en 2004 un contrat à l'ESSP et ses membres pour une phase de préparation à l'exploitation d'EGNOS. Ce contrat d'une durée d'environ un an, a effectivement

permis à l'ensemble des futurs exploitants de définir les activités, les rôles des divers intervenants et les interfaces associées, les processus, de mieux comprendre le fonctionnement du système, et enfin, d'estimer les efforts nécessaires à l'exploitation d'EGNOS et donc le budget à mettre en place. Cette période aura également été mise à profit pour préparer le transfert de l'exploitation du système par le consortium industriel en phase de qualification vers une exploitation par un opérateur.

CNES et DSNA/DTI ont pris une part très active à ces travaux au vu de la situation centrale du PACF dans les opérations d'EGNOS. Le PACF est en effet impliqué dans à peu près tous les processus d'exploitation. En même temps que se déroulait cette phase préparatoire, s'est mise en place progressivement l'équipe PACF avec les agents CNES et DSNA/DTI.

#### **b).Le cadre contractuel :**

En Juillet 2004, l'ESA a lancé une consultation de gré à gré auprès de l'ESSP pour un contrat d'opérations d'EGNOS d'une durée initiale de 18 mois, découpée en 3 phases de 6 mois. Le contrat a été signé fin juillet 2005 au terme de 10 mois de négociation, avec le lancement de la seule tranche ferme correspondant aux 6 premiers mois. Une telle durée de négociation s'explique d'une part par le caractère innovant en Europe d'exploitation d'un tel système de navigation par satellites, et, d'autre part, par un cadre budgétaire extrêmement contraint. Le contrat prévoit qu'à l'issue d'une phase, une nouvelle négociation ait lieu pour la phase suivante, en s'appuyant sur l'expérience de la phase écoulée pour réévaluer de façon critique les ressources et l'organisation à mettre en place. L'ESSP est donc le maître d'œuvre du contrat ESA et sous-traite la majeure partie des activités à des organismes qui sont pour la plupart membres du GIEE : les 4 centres de contrôle de mission MCC et plusieurs sites RIMS et NLES sont exploités par l'AENA, la DFS, l'ENAV et le NATS, SKYGUIDE et NAV-EP exploitent des sites RIMS, l'ASQF est exploité par l'AENA et le PACF par CNES et DSNA/DTI. A ces contrats, il faut ajouter le contrat avec TELESPAZIO pour l'exploitation des sites NLES de Fucino et Scanzano, et dans un proche avenir les contrats avec British Telecom pour le service réseau et INMARSAT pour les transpondeurs à bord de 2 satellites geo-stationnaires.

### **V-3.2. L'exploitation initiale :**

Cette exploitation initiale, découpée en 3 phases de 6 mois, a pour objectif de prouver que l'exploitation du système EGNOS peut être menée à bien sur les plans technique, financier et managérial, de façon à ce que le système ainsi opéré soit conforme à ses exigences de performance. Pour cela, l'exploitant devra avoir caractérisé les opérations par la définition et la mise en place de processus et procédures, d'une organisation avec des personnels compétents, et d'un modèle de coût.

Cette période d'exploitation initiale se termine par la qualification des opérations et l'ouverture d'un service pour les applications mettant en jeu la sécurité des personnes (« safety of life »).

#### **a).La phase 1 de mise en place (mi 2005 à début 2006) :**

Cette phase voit la mise en place progressive des équipes et la montée en régime de leur niveau d'expertise sur le système et son exploitation, avec un transfert définitif de la responsabilité de l'exploitation de l'Industriel en charge du développement vers l'Exploitant. Les plans et processus d'opérations sont élaborés, en conformité avec le concept d'opérations défini au préalable. Ces processus sont exercés et améliorés tout au long de la phase. L'organisation mise en place se rôde et l'estimation des efforts nécessaires à une future exploitation en phase de routine s'affine.

#### **b).La phase 2 de stabilisation (début 2006 à mi 2006) :**

Cette phase permet de prendre en compte le retour d'expérience de la phase précédente. Elle se termine par une revue qui permettra de s'assurer que l'exploitation s'effectue par des équipes compétentes sur la base de processus et procédures opérationnels stabilisés. Le plan de vérification et qualification opérationnelles est lancé, le système de gestion de la sécurité (SMS : Safety Management System) est défini et implémenté. En parallèle, le système EGNOS a atteint le degré de stabilité permettant la mise en œuvre d'opérations de routine et le



niveau de performance requis par ses exigences mission. Les indicateurs de performance des prestations sont définis et validés pour mise en place dans la phase ultérieure. Au cours de cette phase, un service EGNOS « non safety of life » dénommé « open service » est proposé aux utilisateurs.

### **c).La phase 3 de qualification des opérations (mi 2006 à fin 2006) :**

A la revue de clôture de cette phase, l'exploitant doit démontrer qu'il est conforme aux exigences d'opérations du système définies à l'issue de la phase précédente. Si tel est le cas et que les performances du système sont conformes aux exigences, alors les services « safety of life » basés sur EGNOS pourront être ouverts.

### **V-4.Financement d'EGNOS :**

Le projet EGNOS a été estimé à 320 millions d'euros pour son développement et à une trentaine de millions d'euros/an pour sa mise en oeuvre opérationnelle.

L'accord tripartite signé en juin 1998 par l'ESA l'UE et EUROCONTROL1 porte uniquement sur le développement et la mise en oeuvre opérationnelle du projet EGNOS, dite AOC. Les financements sont repartis de manière équitable.

- L'ESA via son programme facultatif Artes 9 finance les développements techniques d'EGNOS et son exploitation aux fins d'essai et de validation technique.
- La CE participe au programme via des budgets communautaire TEN-T2 et du 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> PCRD à hauteur de 116.4 millions d'euros.
- Les 7 agences de navigation aérienne des états membres de l'EOIG [les aviations civiles : AENA (Espagne), DFS (Allemagne), DNA (France), ENAV (Italie) et NATS (Royaume Uni), Swisscontrol (Suisse), NAV-EP (Portugal)] ont également contribué pour un tiers au financement (évaluation à 100 M.euros). En contrepartie, ces agences ont obtenu l'exploitation des segments

d'EGNOS se trouvant sur leur territoire. Au terme de ce partage, la France a obtenu l'exploitation du PACF (Performances Assessment And Check out Facility), centre support d'EGNOS. DNA et CNES se sont associés pour remplir cette mission, et collaborent étroitement au suivi du projet (ils sont liés par un accord BLA).

La France a contribué à la phase de développement à hauteur de 28% du programme de l'ESA. Ce niveau de contribution lui permet de disposer d'une position de leader dans le domaine de la navigation par satellites, position cohérente avec les compétences développées tant sur le plan public qu'industriel et lui octroie la maîtrise d'oeuvre industrielle du système, le banc test (ESTB), et la plate forme de suivi d'évolution technique du système (PACF) implantée au Centre Spatial de Toulouse et co-opérée par la DGAC/DSNA.

Le PACF assure les fonctions de suivi des performances d'EGNOS, d'investigation des anomalies, de spécification des évolutions, de validation et de test, de coordination de la maintenance et des opérations, de la formation des personnels, du contrôle de la configuration du système, et de l'archivage. Ce centre est hébergé par le CNES (Toulouse) et exploité par le CNES et le DSNA en parité. Les termes précis de cette coopération ont fait l'objet d'un accord. La remise des clés du PACF a eu lieu début 2005 (inauguration le 24 mars 2005).

Le développement du programme EGNOS s'achève avec une revue appelée Operational Readiness Review (ORR), qui s'est tenue en mai-juin 2005. Cette revue a autorisé le démarrage de la phase d'opération initiale (IOP) et de procéder à la qualification

Une extension du programme de développement (GNSS Support Step 1) doit permettre, au cours de la phase initiale d'opérations, qui a démarré mi 2005 et qui doit se conclure par une revue de qualification opérationnelle (OQR) fin 2006, de couvrir d'une part les coûts de maintien en conditions opérationnelles, et d'autre part les coûts d'opérations.

Une phase de validation/certification du système restera nécessaire pour des applications ayant trait à la sécurité de la vie humaine. Mais pour ce qui est des autres domaines applicatifs, le système EGNOS peut être considéré comme opérationnel dès l'OQR prévue fin .

A l'heure actuelle de la rédaction de cette thèse le projet EGNOS souffre de problème de financement qui est due principalement à non respect d'engagement des pays Européens, et le non application de programme de financement de ce projet.

## **V-5.Les différents scénarios du système EGNOS :**

### **V-5.1.L'origine Scénarios :**

Depuis le 31 juillet 1998, la wagon du matériel BRNAV a été obligatoire dans ECAC et cela constitue le scénario de la ligne de base qui est le point de la référence contre lequel les options pour satisfaire plus loin aux exigences seront comparées. Plusieurs pas préparatoires ont été exécutés avant cette exigence :

- amélioration graduelle dans la structure de l'itinéraire, commençant par l'introduction du réseau de l'itinéraire du tronc en Europe en 1993, contenant un mélange de RNAV et d'itinéraires conventionnels ;,
- Développement de niveaux opérationnels et utilitaires pour le matériel aéroporté ;
- Préparation du matériel du guidage pour l'approbation de la navigabilité (JAA TGL-2 )

- Mise en oeuvre du système de la référence géodésique commun à travers le programme WGS 84; et

- Amendements à ICAO Doc 7030 pour les opérations RNAV .

l'avion RNAV équipé est certifié et la navigabilité approuvée pour les opérations BRNAV en conformité avec la provision entreprise dans JAA TGL-2, défini en conformité avec le niveau RNAV de l'EUROCONTROL qui couvre seulement d'une partie les fonctionnalités exigées par le RTCA/EUROCAE MASPs .

La ligne de base BRNAV s'appuie sur l'utilisation de VOR, DME, NDB et l'infrastructure ILS/MLS. Elle inclut aussi des receveurs GPS internes .

Prenant en considération le temps exigé pour le développement des niveaux et la période conventionnelle d'avis de sept années, la stratégie de la navigation pour ECAC envisage la mise en oeuvre, vers 2010, de la navigation de la région aux niveaux RNP1 RNAV dans l'environnement en itinéraire et à RNP <1 RNAV dans les régions terminales. Trois scénarios sont basés sur cette prémisse et, pour chacun, le coût net pour accomplir ces objectifs de la navigation est réparti. Les scénarios individuels sont basés sur les suppositions supplémentaires suivante .:

### **V-5.2.Les différents Scénarios applicables en Europe :**

#### **a).Scénario 1 - Rehaussé DME :**

Sous ce scénario, il n'y aura aucune augmentation du signal GPS disponible mais les nombres de DME seront augmentés comme pour fournir une couverture pleine multi-DME pour l'Europe avec une redondance adéquate – les couvertures NDB et VOR seront cessées en 2010 quand les systèmes RNAV seront assumés pour être capable de fournir une qualité de service adéquate (c.-à-d. rencontrer le RNP RNAV MASPS) .

Dans l'exercice Demeter emporté par l'EUROCONTROL, il a été estimé qu'entre 60 et 70 DME supplémentaire serait exigé de donner la couverture pleine à travers Europe jusqu'à 5000 pieds. Aucune études détaillées n'a été emporté pour répartir les nombres supplémentaires exigés pour donner la couverture jusqu'à ou 3000

pieds ou MDH selon le matériel à la piste d'envol. Une valeur de 70 DME supplémentaires a été prise par conséquent comme la supposition initiale mais, depuis une grande quantité d'incertitude entoure cette valeur, les cas différents ont été considérés dont le nombre est augmenté jusqu'à 33% (approximativement 250 unités supplémentaire) .

Cependant l'introduction de DMEs supplémentaire mettra en danger l'usage de GPS L5 et du signale GALILEO dans cette bande ARNS .

Comme est actuellement envisagé, le signale GNSS dans cette bande sera exigé pour accomplir la performance CATII/III pour les opérations GBAS. Cela peut devoir être le sujet d'une analyse du niveau des systèmes sur les implications opérationnelles respectives exécutées par la communauté de l'aviation

#### **b).Scénario 2-EGNOS AOC :**

L'Empressement Opérationnel EGNOS AOC sera atteint en février 2003. Après empressement opérationnel, une phase d'opérations initiale (IOP) suivra et qui mènera à la qualification opérationnelle d'EGNOS .

Les activités IOP devraient être complétées durant 2004 et donc il a été supposé que les opérations dans le service auront commencé vers le début de 2005 .

Dans la région d'information du vol ECAC (SAPIN), EGNOS AOC fournira les fonctionnalités du positionnement compatible à RNP 0.3 RNAV. Sur la masse terrestre ECAC, EGNOS, la performance AOC rencontrera les exigences RNP 0.03/50 (NPV-11) et RNP 0.02/40 (CHAT 1). Cependant, bien que la probabilité d'un échec large du système de GNSS soit considéré à être inférieur à celui exigé pour RNP1 RNAV, l'impact d'un tel échec sur la région entière serait si considérable qu'une exigence pour les restes d'un système de la navigation indépendant et alternatif et la couverture DME doit encore être retenue. Par conséquent, les nombres DME sont maintenus dans ce scénario, bien que l'augmentation proposée dans Scénario 1 n'e soit pas exigé. Cependant, les couverture VOR et NDB peuvent être cessées une fois le RNP <1 RNAV est mandaté pour les régions terminales au début de 2010 .

**c).Scenario 3 - EGNOS FOC (Full Operation Capacity) :**

La capacité opérationnelle et définitive EGNOS (FOC) est programmée pour suivre deux années après l'AOC et donc une date opérationnelle du début de 2007 a été assumée.

EGNOS FOC est projeté de fournir un plus haut niveau de continuité et de disponibilité que l'AOC, et a été proposé comme un système unique des moyens pour RNP <1 RNAV sur la totalité d'ECAC. Cependant, l'échec EGNOS donné de l'échelle continentale et le fait que le système est gravement dépendant du GPS, il est encore considéré essentiel qu'un système de la navigation auxiliaire soit retenu.

Dans ce troisième scénario, il a été supposé qu'un réseau unique, non redondant de DME soit retenu.

Cela a été supposé pour représenter une réduction dans les nombres courants d'approximativement 20%. De la même façon, le nombre de catégorie I ILS est assumé pour être maintenu à 50% du niveau courant. Il est donné qu'il y aura encore la catégorie II et la catégorie III ILS dans l'opération dans quelques aéroports, cette supposition peut être conservatrice. Il est supposé que les couvertures NDB et VOR seront retirées pour les régions terminales au début de 2010.

À présent, il n'est pas évident si les exigences FOC seront rendues effectives sous une "phase FOC" dédiée du programme EGNOS ou si la mise en oeuvre des exigences FOC sera maniée sous le protection de l'intégration EGNOS dans le GALILEO.

**V-6.Le fonctionnement du système EGNOS :**

Le signal EGNOS est obtenu grâce à un réseau de stations terrestres et de satellites.

Les constellations GPS et GLONASS envoient leurs données de position à l'une des trente-quatre stations RIMS réparties sur l'ensemble du globe. Cette dernière reçoit également des paramètres atmosphériques et climatologiques puis transmet le tout à un centre de contrôle principal (il en existe quatre, tous situés en Europe). ,

les données sont combinées pour être envoyées vers un satellite géostationnaire (Inmarsat III AOR-E, IOR ou Artemis) qui s'occupe de les redistribuer aux utilisateurs.

### **V-7.Architecture de système EGNOS :**

Pour offrir son service au dessus de l'Europe, EGNOS repose sur une architecture distribuée avec un haut niveau de sécurisation. Il utilise trois satellites géostationnaires et un réseau d'équipements sol déployé sur 43 sites dans 22 pays, principalement en Europe. 34 stations de réception RIMS surveillent les constellations GPS et GLONASS ainsi que les satellites géostationnaires EGNOS(voir figure ci-dessous), donc comme toute system de navigation par satellite il est composé :

1) D'un **segment sol de contrôle** comprenant :

- 34 stations RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations), distribuées géographiquement et enregistrant des données GPS et GLONASS. Parmi celles-ci, trois stations de référence EURIDIS (Toulouse (Fr), Kourou (Guinée Française) et Hartebeesthoek (Afrique du Sud)) fournissent une information précise sur la position des satellites géostationnaires.

- 4 stations MCC (Mission Control Centres) qui rassemblent toutes les informations et calculent les corrections différentielles ainsi que la précision de tous les satellites visibles dans la zone de l'ECAC (European Civil Aviation Conference). Ces centres regroupent deux moyens de calcul : le CPF (Central Processing Facility) et le CCF (Central Control Facility). Pour des raisons de disponibilité de service, il est indispensable de disposer de 5 CPF dans le système opérationnel, un des centres de mission comporte donc 2 CPF.

- 6 stations NLES (Navigation Land Earth Stations). Ces dernières envoient ces messages aux satellites géostationnaires. Les utilisateurs reçoivent les messages d'un satellite géostationnaire sur la fréquence L1 par une modulation et un codage

similaire à GPS (Coarse Acquisition pseudo random code). Le système final comportera 2 NLES par satellite géostationnaire.

- Le PACF (Performances Assesment and Check Out Facility) : le suivi de la performance du système est de la responsabilité de ce centre installé dans les locaux du CNES à Toulouse. Pour permettre de rejouer des séquences opérationnelles, il est prévu que ce PACF dispose d'un CPF et d'un CCF. Pour permettre d'assurer la validation opérationnelle des nouvelles configurations du système le PACF devra disposer d'un second CPF, d'un second CCF et d'un CMS (Configuration Monitoring and Simulator).

- L' ASQF (Application Specific Qualification Facility).

2) d'un **segment spatial**, composé de transpondeurs installés sur 3 satellites géostationnaires (INMARSAT-3 AOR-E (15,5°W), INMARSAT-3 IOR (64°E) ET ESA ARTEMIS (21,5°E)).

3) d'un **segment utilisateur**, composé de récepteurs EGNOS standards et d'un équipement spécifique pour les applications aériennes, maritimes ou terrestres.

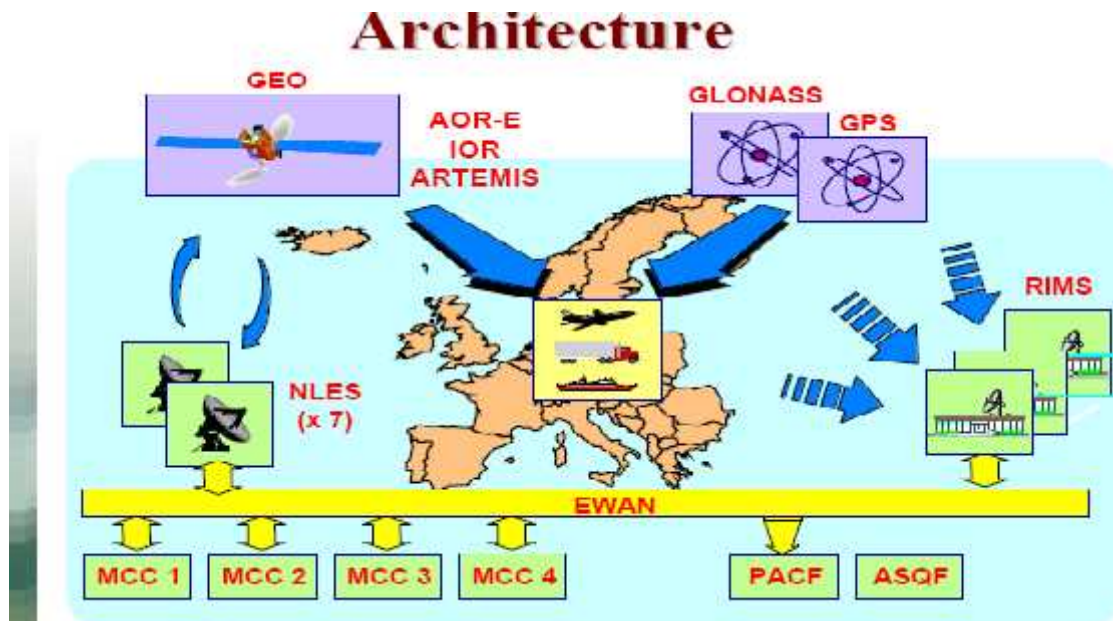
EGNOS améliore la performance des systèmes satellitaires GPS et GLONASS par l'intermédiaire des trois services suivants:

- "GNSS Integrity Channel": l'information d'intégrité transmise par les satellites géostationnaires fournit le niveau de sécurité exigé pour des approches avec assistance verticale (APV-I et APV-II), pour la navigation en route et en zone terminale. À long terme, on vise des approches de précision CAT-I avec EGNOS. Ceci pourrait devenir réalisable aussi avec un autre signal civil (GALILEO) et avec la modernisation de GPS.

- "Wide Area Differential": la précision du positionnement augmente grâce à la transmission de corrections différentielles par les satellites géostationnaires.



- "GEO Ranging": la transmission de signaux L1 (code et phase) de 3 satellites géostationnaires augmente le nombre de satellites disponibles pour le positionnement, ce qui améliore la géométrie de la constellation de satellites, vue du récepteur.



**Fig .V.1: Architecture de system EGNOS**

### V-8.Le test de system EGNOS (ESTB) :

L'ESTB (EGNOS System Test Bed) est un prototype d'EGNOS en grandeur nature qui est composé de 12 à 16 RIMS, 2 MCC, des 3 stations EURIDIS, 2 NLES et de deux satellites géostationnaires (AOR-E (PRN 120) et IOR (PRN 131)). À la demande de l'ESA, il est opéré par le CNES, et son centre de traitement se trouve dans les locaux du CNES à Toulouse. Il permet aux futurs utilisateurs d'EGNOS de se familiariser avec ce nouveau service et aux concepteurs de tester les composantes du système. L'ESA, Eurocontrol et leurs partenaires ont procédé à de nombreux tests via l'ESTB.

De par sa taille réduite, l'ESTB est moins performant que l'architecture finale d'EGNOS. Les fonctions et les algorithmes sont améliorés en permanence. L'évaluation d'EGNOS par l'ESTB est donc une approche conservatrice.

Le banc système EGNOS présente une architecture spécifique dont le schéma de principe est donné ci-dessus. On distingue les stations contribuant à l'élaboration du signal (de 12 à 16 RIMS) reliées au centre de traitement à travers le CPF (Central Processing Facility situé dans les locaux du NMA à Hönefoss) et les stations dédiées à l'établissement de l'orbitographie fine du satellite géostationnaire reliées au centre de traitement au niveau du MCC (Mission Control Center situé dans les locaux du CNES à Toulouse). Une fois le message de navigation élaboré, il est diffusé via le satellite géostationnaire InMarsat IOR-E grâce à une station de transmission située à Toulouse.

Il est possible d'utiliser l'ESTB en mode opérationnel au-dessus de la zone européenne continentale tout en réalisant des démonstrations dans une zone géographique différente.

## **V-9.L'apport de system EGNOS :**

### **V-9.1.Institutionnel :**

EGNOS constitue le premier pas sûr pour l'indépendance de l'Europe précurseur de GALILEO en plus de ce qu'il apporte à l'Europe en matière de précision de la navigation et correction des erreurs volontaire du système Américain GPS. Il fait face aux inquiétudes institutionnelles dans l'Europe relatives au manque d'influence directe sur le GPS sera diminué à cause de l'existence d'un large réseau d'écoute d'Europe. Cela permettra plus de confiance d'être placé sur l'usage du système GPS. Il permet à l'Europe d'avoir son propre système de navigation par satellite interopérable avec les systèmes Américain WAAS et Japonais MSAS, il participe dans la réalisation du rêve Européen dans le ciel unique. Il est aussi élément dans le programme GNSS mondial ce qui fait de l'Europe un participant élémentaire dans le programme de GNSS mondial au profit de l'aviation civile. Avec le TRANEGNOS et la possibilité d'extension de programme EGNOS dans l'Afrique et

l'Océan indien fera de l'Europe le leader de domaine de la navigation par satellite dans ces régions.

### **V-9.2. Economique (Un marché potentiel de 50000 millions d'euros) :**

Selon certaines prévisions, le marché mondial de la navigation par satellite est un marché promoteur .le programme EGNOS est le précurseur de system GALILEO, il constitue une grand opportunité pour l'Europe pour participer et bénéficie de développement de ce marché avec la possibilité de la création des nouveaux business et des postes de travail dans les différentes industries liées à l'industrie spatiale et aéronautique.

Il offre des occasions d'affaire à travers l'ouverture de presque toutes les opérations de précision d'approche des aéroports ECAC et des avantages de l'environnement

### **V-9.3.Dans le domaine maritime :**

EGNOS pourra avoir plusieurs applications dans le domaine maritime comme :

- La navigation maritime avec une précision latérale de
- La gestion de trafic maritime ;
- Les opérations dans les ports ;
- La gestion et l'analyse des urgences ;
- L'exploitation et l'exploration dans les hautes mers
- Il constituera un outil puissant pour les gardes coutières (Coast guard).

Une fois opérationnel le system EGNOS, permettra de répondre aux exigences de la navigation maritime et compléter les services déjà fournies par les radios balises marines.

En septembre 2003 le système EGNOS a été testé dans la chine dans le domaine maritime et les résultats étaient satisfaisantes.

#### **V-9.4.Le transport routier :**

EGNOS constituera un élément essentiel de gestion de trafic routier et ferroviaire, il permettra d'augmenter la capacité et la sécurité, car non seulement les compagnies aériennes mais aussi les autres services de transports ont besoin de connaître les positions exactes des moyens de transport à tout moment, comme les services publics (la police, les ambulances, les services taxi ), tout en améliorant la sécurité ,EGNOS sera un outil inestimable pour la gestion des opérations de transport ,il permettra aussi d'améliorer le service qualité pour la clientèle (informer les clients des retards et leur causes ,et envoyer en cas d'urgence des équipes de dépannage ) . Il pourra être aussi un outil important pour la gestion des routes dans le cadre de system électronique de gestion des routes.

Le transport ferroviaire pourra considérablement profiter de system EGNOS, il existe plusieurs possibles qui permettront de développer ce secteur de transport et augmenter la sécurité en évitant les accidents fatals dus aux conditions météorologiques dégradées.

#### **V-9.5.Un temps standard :**

Les ordinateurs et les réseaux des télécommunications à travers le monde ont besoin d'une précision extrême en matière de temps (une horloge de référence), EGNOS munit d'une horloge atomique d'une grande précision diffusera un temps standard avec un degré de précision qui n'était pas disponible auparavant.

#### **V-9.6.Des utilisations potentielles diverses :**

EGNOS aura des autres applications dans des domaines différentes, il pourra être utiles dans le domaine agriculture, la pêche, la sécurité des personnes et des biens.

Il a été déjà utilisé dans le domaine sportif (Tour de France), et même pour aider les aveugles dans leurs déplacements.

Donc chaque jour d'autres potentiels utilisation de system EGNOS sont découvertes.

### **V-9.7.Dans le domaine aéronautique :**

Le monde des avions commerciaux est en voie de doubler dans les 20 prochaines années, qui va mener à la création des nouvelles routes aériennes et doubler la consommation carburant et les retards qui coûteront des millions de dollars annuellement.

Le system EGNOS est destinée à assister la navigation aérienne en route et en atterrissages, il sera un outil indispensable pour l'ATC pour faire face à la congestion de trafic aérien, tout en améliorant la sécurité et en réduisant les infrastructures nécessaires au sol.

EGNOS fournira une performance de la navigation constante partout dans ECAC, en accomplissant de cette façon un des buts de la stratégie d'ATM 2000+;

(Les apports de system EGNOS pour le domaine aéronautique seront détaillés dans la suite de ce chapitre).

### **V-9.8.L'apport opérationnel de system EGNOS :**

EGNOS est donc le système d'augmentation européen des systèmes satellitaires de navigation GPS et GLONASS. Il est conçu pour répondre aux exigences de performances extrêmement strictes relatives à un avion en phase d'atterrissage, de sorte qu'il répond naturellement à la plupart des autres exigences des usagers :

- « l'intégrité », par détection du dysfonctionnement de leurs satellites et en le signalant par l'émission d'une alarme dans un délai de 6 secondes ;

- « la précision », en diffusant des corrections différentielles, permettant ainsi une précision améliorée de 1 à 2 m sur le plan horizontal (contre près de 20 m auparavant) et de 3 à 5 m sur le plan vertical ;

- « la disponibilité » en mettant trois satellites supplémentaires à la disposition de GNSS, satellites qui envoient un signal de positionnement du même format que celui des satellites GPS ou GLONASS.

En plus de ces avantages EGNOS permettra opérationnellement :

- D'avoir des minimums inférieurs :

L'atterrissage serait possible avec les niveaux de visibilité inférieurs aux aéroports non équipés avec ILS, donc des délais réduisant et des diversions aux aéroports alternatifs et des vols annulés. Les évaluations de ces avantages doivent prendre compte de tous les coûts supplémentaires qui deviendraient nécessaires, ainsi qu'installer ou améliorer l'éclairage de piste d'envol.

- De réaliser des approches de la précision courbée/segmentée :

EGNOS pourrait permettre des procédures de l'approche de précision plus flexibles qui résulteraient en économies du temps/carburant et avantages d'impact du bruit réduit. Cependant, il peut y avoir des contraintes environnementales et des problèmes de travail du contrôleur augmenté qui peuvent empêcher ces avantages de s'être réalisés.

- D'augmenter La capacité de la piste d'envol

Depuis que l'EGNOS a une plus petite région critique/sensible, il est considéré que le temps d'occupation de la piste d'envol et le temps entre l'approche consécutive d'avion et l'atterrissage alternatif et le départ pourraient être réduits.

- Permettre les opérations dans les régions avec l'infrastructure d'aide de la navigation conventionnelle insuffisante :

- EGNOS fournit une capacité de la navigation pour les régions où l'installation d'aides de la navigation conventionnelle ne peut pas être possible ou économiquement viable.

- En plus de ces avantages qui peuvent être décrits dans les termes quantitatifs, les avantages de la sécurité peuvent être réclamés pour l'EGNOS. Les avantages de la sécurité sont fondamentalement difficiles pour évaluer directement vu qu'ils résultent de la réduction du risque d'un accident où blessure et/ou la perte de vie pouvant se produire. Cependant, d'un point de vue purement qualitatif, le conseil vertical fourni par EGNOS sur la masse terrestre ECAC améliorerait le niveau de sécurité sur cela d'une approche de non précision (NPA). Les Statistiques montrent qu'une haute proportion d'accidents due au vol contrôlé dans le terrain (CFIT) produit pendant NPA, pendant un temps dans lequel il n'y a aucun conseil vertical exact.

- Il permet aussi la mise en oeuvre de RNP1 RNAV et de profiter des avantages dû à l'introduction de RNP <1RNAV dans les TMA's et donc bénéficier des avantages de RNAV
- De répondre aux spécifications relatives au système perfectionné de guidage et de contrôle de la circulation de surface (A-SMGCS) qui sont encore en cours d'élaboration, mais il pourrait être envisagé d'inclure la prise en charge des éléments de surveillance de l'A-SMGCS dans le service EGNOS de niveau 2. Ce niveau est prévu pour les approches et les atterrissages (APV-I, II, CAT I). Cette application EGNOS TRAN sera utilisée pour analyser les performances qui peuvent être obtenues et les parties de l'A-SMGCS qui peuvent être prises en charge.

Tous ces avantages ont pour but l'amélioration de la sécurité de la navigation aérienne et donc la sécurité de transport aérien et maximiser le profit des organismes de l'ATC et les compagnies aériennes en respectant les aspects environnementaux.

## **V-10. EGNOS, précurseur de GALILEO :**

Le service européen de navigation par complément géostationnaire (EGNOS European Geostationary Navigation Overlay Service) est la première initiative de l'Europe dans le domaine de la navigation par satellite. Projet conjoint de l'ESA, de la Commission européenne et de l'Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne (Eurocontrol), EGNOS constitue la première phase de la stratégie européenne de navigation par satellite, ouvrant la voie pour GALILEO, dont il offre d'ores et déjà certains des services. Système européen d'augmentation satellitaire (SBAS – Satellite-Based Augmentation System), EGNOS est en cours de mise en oeuvre à des fins de soutien aux usagers dans les secteurs européens des transports aériens, maritimes et terrestres. Il renforce les systèmes GPS et GLONASS et les adapte aux applications critiques du point de vue de la sécurité (avion en vol, pilotage d'un navire dans des canaux étroits, etc...).

Si le GPS a révolutionné navigation et positionnement au cours des deux décennies écoulées, il a ses inconvénients : certains usagers ont besoin d'un engagement ferme en matière de contrôle civil, d'autres ont besoin d'une précision nettement supérieure aux possibilités du seul GPS, et le système d'avertissement en cas de dysfonctionnement est insuffisant dans le cas d'applications critiques. Les systèmes de complément satellitaire tels qu'EGNOS font plus que répondre à ces préoccupations, ouvrant la voie aux services GALILEO, améliorant les solutions de positionnement et accroissant la sécurité. Tout ce qui se faisait auparavant par le biais du GPS est désormais plus aisé et de qualité supérieure. De nos jours, lorsqu'un satellite GPS présente des problèmes de fonctionnement, l'avertissement peut mettre jusqu'à trois heures pour parvenir aux utilisateurs, et dans l'intervalle la dérive du positionnement peut être bien supérieure à 100 m. Mais chaque SBAS envoie un message d'alarme dans les six secondes en cas de dysfonctionnement du GPS, contribuant à la préservation des performances.

À partir de 2005, les services EGNOS sont fournis en Europe occidentale ainsi qu'en Méditerranée pour les applications non critiques. EGNOS peut être étendu à



d'autres régions du monde, y compris l'Afrique, l'Amérique du Sud et l'Asie. Il compte parmi plusieurs systèmes de même type actuellement en service ou en cours de mise en oeuvre à l'échelle mondiale : WAAS aux ÉTATS-UNIS, MSAS au Japon et GAGAN en Inde.

Reposant sur des normes internationales communes, EGNOS assurera l'interopérabilité avec ces autres systèmes, permettant à tout usager doté d'un récepteur GNSS d'exploiter les signaux des augmentations EGNOS, WAAS, MSAS ou GAGAN, selon la région.

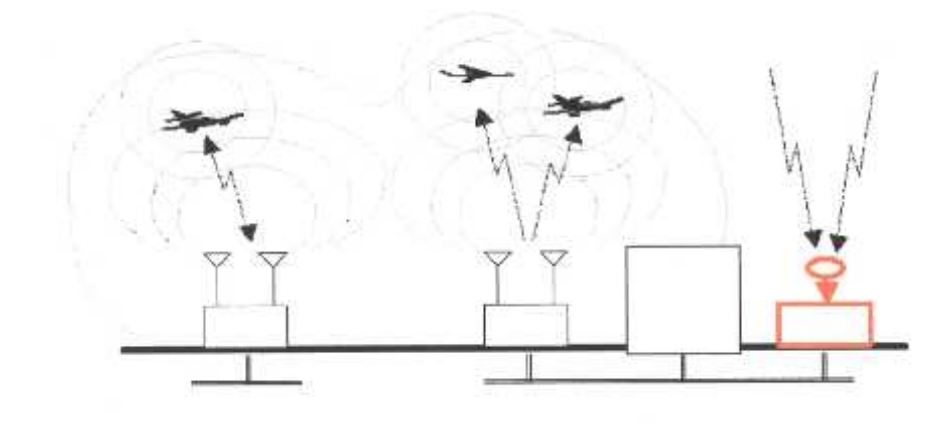
Le financement, la construction, le déploiement et la validation du système EGNOS sont pris en charge par des organismes publics ainsi que par les professionnels européens du contrôle de la circulation aérienne. Exploitation et services seront confiés sous licence à l'exploitant économique EGNOS (EEO) et gérés dans le cadre de la concession GALILEO. EGNOS constitue un premier pas vers la mise en place de services de navigation satellitaire européen, ouvrant la voie aux services GALILEO. Aux fins de l'aviation civile, il est en conformité avec les normes OACI mondiales. Il est également adapté aux besoins du transport multimodal et de nombreuses applications hors transports. Il sera intégré à GALILEO dans le cadre de la concession d'exploitation de ce dernier. L'infrastructure EGNOS sera ouverte en 2005 aux applications non critiques du point de vue de la sauvegarde de la vie.

### **V-11. Extension de la couverture d'EGNOS pour les opérations de navigation et de surveillance :**

EGNOS TRAN est un programme réalisé sous l'égide de la Commission européenne dans le but de mettre au point une méthode qui permette d'étendre la couverture des satellites EGNOS aux latitudes nordiques et aux reliefs difficiles à l'aide de réseaux terrestres et d'effectuer des essais en vol pour valider le concept et les avantages éventuels.

L'Agence spatiale européenne (ESA) réalise actuellement une étude appelée EGNOS TRAN (European Global Navigation Overlay System — Terrestrial Regional Augmentation Network). Le concept EGNOS TRAN consiste à diffuser une partie des données EGNOS sur des liaisons terrestres, en utilisant les réseaux de communication existants, pour compenser le manque de visibilité directe des satellites géostationnaires. La diffusion complémentaire des données EGNOS est effectuée sur des réseaux terrestres (réseaux téléphoniques mobiles, réseaux différentiels locaux comme les diffusions VDL mode 4, les diffusions Loran C via Eurofix, etc.) dans les régions où le signal satellitaire EGNOS n'est pas accessible. Cette méthode devrait permettre d'assurer les services EGNOS dans les régions où l'accès au signal est limité ou manque de continuité (reliefs accidentés, régions urbaines, latitudes nordiques, etc.), et d'obtenir les mêmes performances que les diffusions EGNOS brutes. ETRAN pourrait donc peut-être fournir un service EGNOS amélioré à un plus grand nombre d'utilisateurs et à une région géographique plus vaste que ce qui avait d'abord été envisagé.

La Figure ci-dessous montre un schéma du réseau ETRAN. Ce réseau est constitué de stations sol (GS) de communication, de navigation et de surveillance (CNS). Le concept ETRAN utilise deux types de réseaux pour l'aviation civile : un réseau sol local (réseau étendu) reliant les GS CNS entre elles et au centre de traitement de contrôle EGNOS (CPF), qui reçoit les messages EGNOS et les convertit en messages de type système de renforcement au sol (GBAS), puis les diffuse à l'utilisateur. L'autre méthode consiste à utiliser un système de réception EGNOS (ERS), qui reçoit les signaux EGNOS et GPS, les traite et génère des messages différentiels de type GBAS qui sont diffusés sur la liaison de données. C'est ce deuxième réseau qui a été utilisé dans les essais de démonstration du concept



**Fig.V.2 : EGNOS TRAN**

Les aéronefs et les véhicules au sol utilisent le même type d'équipement CNS mobile pendant les essais. Cet équipement comprend un transpondeur VDL mode 4 (1 émetteur et 2 récepteurs), un processeur de communication et un récepteur GPS différentiel; les dispositifs d'affichage et les interfaces homme-machine sont cependant différents pour les pilotes des aéronefs et les conducteurs des véhicules au sol.

Il ressort des essais réalisés que les performances obtenues avec ETRAN sont comparables aux performances obtenues directement avec EGNOS et qu'elles sont compatibles avec les spécifications de l'APV-II. EGNOS TRAN augmente considérablement la disponibilité des corrections EGNOS aux hautes latitudes, où il est facile de perdre l'accès aux satellites géostationnaires en raison d'obstacles ou de la faiblesse des signaux.

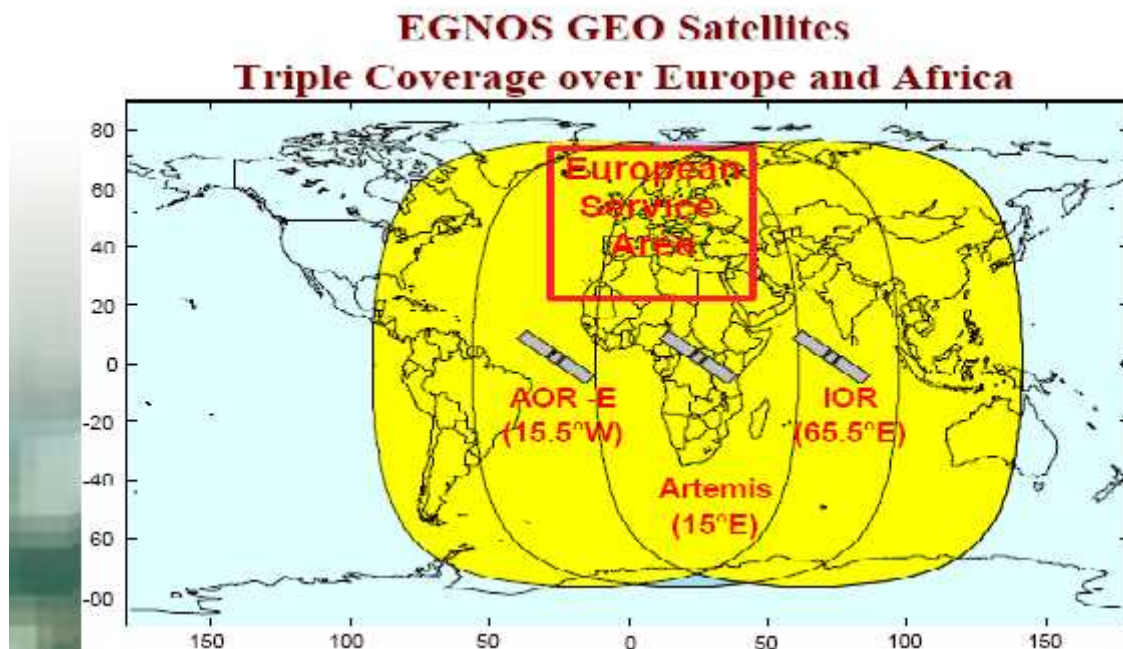
### **V-12.EGNOS en Afrique :**

Entre le 24 et le 26 février 2003, un certain nombre d'essais en vol utilisant la station d'essai EGNOS (Complément géostationnaire européen pour la navigation) ont été réalisés à Dakar afin d'étudier les possibilités de mise en œuvre des services du Système mondial de navigation par satellite (GNSS) en Afrique centrale.

Ces essais ont été rendus possibles par une coopération entre l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar), l'Agence spatiale européenne, la Commission européenne et différents autres partenaires européens.

Pour l'Afrique, depuis 2002, des stations ont été implantées dans plusieurs pays. Actuellement l'ISA comporte 10 stations de référence installées au Tchad, au Cameroun, en Centrafrique, au Congo, en Ethiopie, au Kenya, en Zambie, en Namibie, et en Afrique de Sud. Ce réseau spécifique permet d'avoir sur toute l'Afrique les corrections et les améliorations des signaux GPS comme en Europe.

En Egypte en septembre 2002 trois stations RAIMS ont été installées au Caire dans le cadre de renforcement de réseau EGNOS en Afrique et moyen orient. L'Algérie malheureusement n'a pas pu profiter de l'expérience et l'avantage de l'extension et le test de system EGNOS en Afrique et le bassin méditerranéen avec tout ce qu'elle a vécu dans la décennie noire .



**Fig.V.3 : Extension de couverture EGNOS en Afrique**



**Fig .V.4 : EGNOS en Egypte**



**Fig.V.5 : Les stations EGNOS en Afrique**

## **VI-1.Présentation de l'ENNA :**

L'Établissement National de la Navigation Aérienne, (E.N.N.A.) est un établissement qui assure le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'état, placé sous la tutelle du Ministère des Transports et a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. Il est chargé en outre du contrôle et du suivi des appareils en vol ainsi que de la sécurité aérienne.

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne, l'E.N.N.A collabore avec des institutions nationales et internationales :

- Ministère du transport ;
- Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) ;
- AEFMP: organisation régionale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc et le Portugal ;
- ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar ;
- EUROCONTROL: Organisation européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne ;
- Institut Aéronautique de Blida (IAB) ;
- Ecole Nationale de l'Aviation Civile à Toulouse (ENAC).

### **VI-1.2.Les missions de l'ENNA :**

Les principales missions de l'Établissement :

- Veille au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation en vol et au sol des aéronefs et à l'implantation des aéroports et aux installations relevant de sa mission ;
- Dans le cadre de sa mission elle participe à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aéroports, établit les plans, en coordination avec les autorités concernées, les plans de servitudes aéronautiques et radioélectriques et il veille à leur application ;

- Assure l'installation et la maintenance des moyens de télécommunication, de radionavigation, l'aide à l'atterrissage, des aides visuelles et des équipements d'annexes ;
- Le contrôle de la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien qu'ils soient en survol, à l'arrivée sur les aérodromes, ou au départ de ces derniers ;
- La sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la CAP ;
- L'information aéronautique en vol et au sol et la diffusion des l'informations météorologique nécessaire à la navigation aérienne ;
- Assure le service de sauvetage et de lutte contre incendies sur les plates formes aéronautiques ;
- Contribue à l'effort du développement en matière de recherches appliquées dans les techniques de la navigation aérienne ;
- Concentration, diffusion ou retransmission au plan international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique ;
- Le calibrage des moyens de communication de radionavigation et de surveillance au moyen de l'avion laboratoire.

**V-1.3.L'organisation de l'ENNA :**

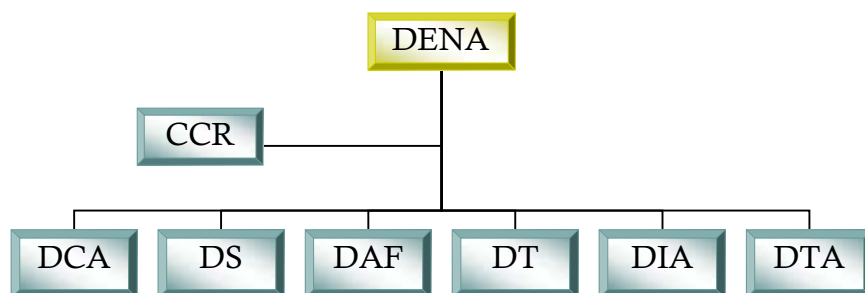


**a) Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA :**

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne est chargée d'assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne et, veiller à la bonne gestion technique au niveau des aéroports. Ses principales missions se résument comme suit :

- Gérer et contrôler l'espace aérien confié en route et au sol, par le centre de contrôle régional (CCR) et les différents départements de la circulation aérienne ;
- Mettre à disposition de tous les exploitants le service de l'information aéronautique en vol et au sol, ainsi que les informations météorologiques ;
- Gérer les services de la télécommunication aéronautique ;
- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre incendies aux aéroports.

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne contient six (06) départements et un centre de contrôle régional :



DCA : Département de la Circulation Aérienne

DS : Département Système

DAF : Département Administration et Finances

DT : Département Technique

DIA : Département Informations Aéronautiques

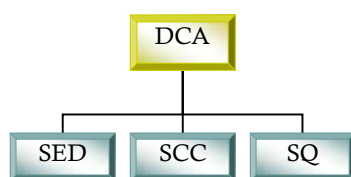
DTA : Département Télécommunications Aéronautiques

CCR : Centre de Contrôle Régional



**b).Département de la Circulation Aérienne (DCA) :**

Le Département de la Circulation Aérienne, est chargé du contrôle et de la coordination des différents aérodromes et le Centre de Contrôle Régional d'Alger, ainsi que les études liées au développement de la navigation aérienne, basé évidemment sur les normes OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale). Au sein de ce département on trouve trois services :



SED : Service Etude et Développement

SCC : Service Contrôle et Coordination

SQ : Service Qualification

**1).Le Service Etude et Développement (SED) :**

Qui a pour mission

- Etude et élaboration des schémas de la circulation aérienne ;
- Etude et élaboration des plans de servitudes aéronautique de dégagements;
- La conception des procédures de départ (SID : Standart Instrument Departure), d'arrivée (STAR: Standart Arrival), d'approche initiale, finale et d'approche à vue ;
- Etude et élaboration des routes ATS ;
- Traitement des données statistiques de trafic aérien pour les besoins d'études.

**2).Le Service Contrôle et Coordination (SCC) :**

Qui est tenu :

De maintenir à jour le fichier informatisé concernant l'état de tout les aérodromes sur le territoire national; d'analyser les anomalies d'exploitations relatives aux incidents, accidents concernant les aéronefs et leurs équipages. Ce service veille à l'application des normes OACI, il est également chargé d'autres missions relatives à l'exploitation des aérodromes confiés par la D.E.N.A.

**3).Service Qualification (SQ) :**

Est tenu :

De maintenir à jour le fichier du personnel de la circulation aérienne sur tout le territoire national, il gère le profil de carrière de ce personnel et veille à la mise en place d'une politique de formation et de recyclage.

**VI-2.Présentation de l'espace aérien algérien :**

L'ENNA, agissant au nom et pour l'Etat Algérien, assure les services du contrôle aérien et d'information en vol aux aéronefs traversant l'espace aérien national, qui s'étend de la partie sud de la Méditerranée contiguë aux FIR (s) Marseille, Barcelone et Séville, au Nord, et FIR Casa à l'ouest, FIR Tunis et Tripoli à l'est, FIR Dakar et Niamey au Sud. Tout le trafic dans cette espace aérien est géré par le CCR.

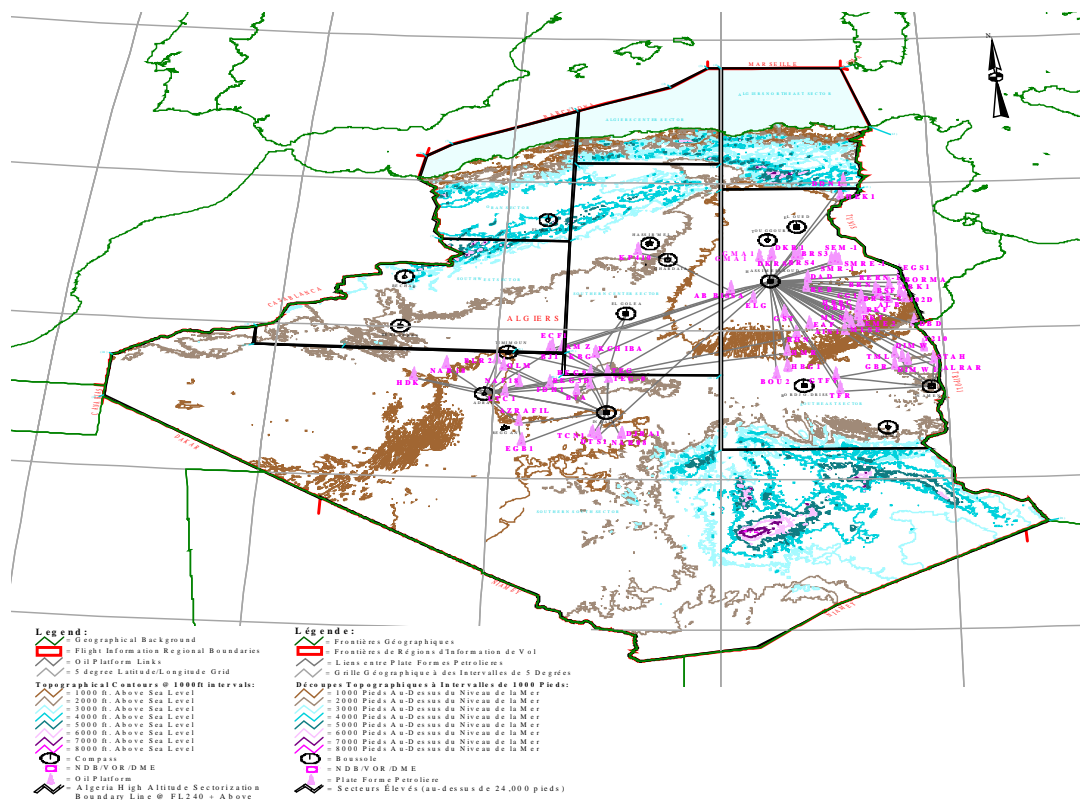
La FIR d'Alger contient l'espace aérien souverain immédiat chevauchant l'Algérie et l'espace aérien international au-dessus de la Méditerranée qui lui est délégué par l'OACI. La FIR est délimitée par les points suivants : 3900N 00800E, 3900N 00440E, 3820N 00345 E, 3615N 00130W, 3550N 00206W, 3505N 00212W, suivant ensuite les frontières nationales de l'Algérie.

La FIR est subdivisée en sept (07) secteurs (voir la carte et tableau ci-dessous):

- Centre
- Ouest
- Est
- Sud-Centre
- Sud-Ouest
- Sud-Est
- Sud-Sud

Secteur Actuel	Altitudes	Classe
Alger Centre	FL245/F450 450M/FL245	A D
Alger Nord-est	450M/FL450	D
Oran	450M/FL450	D
Sud Centre	Toutes	F
Sud-ouest	Toutes	F
Sud-est	Toutes	F
Extrême Sud	Toutes	G

**Tableau VI.1 : Les secteurs Actuels**



**Fig VI.1 : Carte des FIR's de l'espace aérien Algérien**

## **VI-3.Présentation de l'ATC en Algérie :**

### **VI-3.1.Les aérodromes :**

#### **a).Classification des aérodromes :**

La classification des Aérodromes se fait selon les dispositions décrites dans l'arrêté du 30.06.88 qui définit le classement des aérodromes selon le dimensionnement de leurs infrastructures, leurs équipements techniques et les horaires d'ouverture et de fermeture.

L'Algérie compte trente quatre (36) aérodromes répartis comme suit :

11 Aérodromes internationaux :

- 05 aérodromes reçoivent le trafic international régulier :
  - Alger / Constantine / Annaba / Tlemcen / Oran.
- 03 aérodromes reçoivent le trafic international restreint (escale technique refoulement, etc.) :
  - In-Amenas / Tamanrasset / Adrar.
- 01 aérodrome reçoit le trafic international en cargo et charter :
  - Hassi-Messaoud.
- 02 aérodromes reçoivent le trafic international non régulier :
  - Ghardaia et In-salah.

**25 Aérodromes domestiques :**

- **21 aérodromes reçoivent le trafic national régulier.**

Parmi ces aérodromes :

- 04 aérodromes mixtes : Béchar, Biskra, Ouargla, Tindouf.
- 01 aérodrome à usage restreint : Hassi-Rmel.

- 03 aérodromes militaires : Méchéria, Sétif et Lagouat sont ouverts à la CAP.
- 01 aérodrome est fermé pour travaux : In-guezzam.
- 01 aérodrome ne traite plus le trafic national régulier : Mascara.
- 02 aérodromes nationaux traitent le trafic international régulier :
  - Biskra / Bejaia

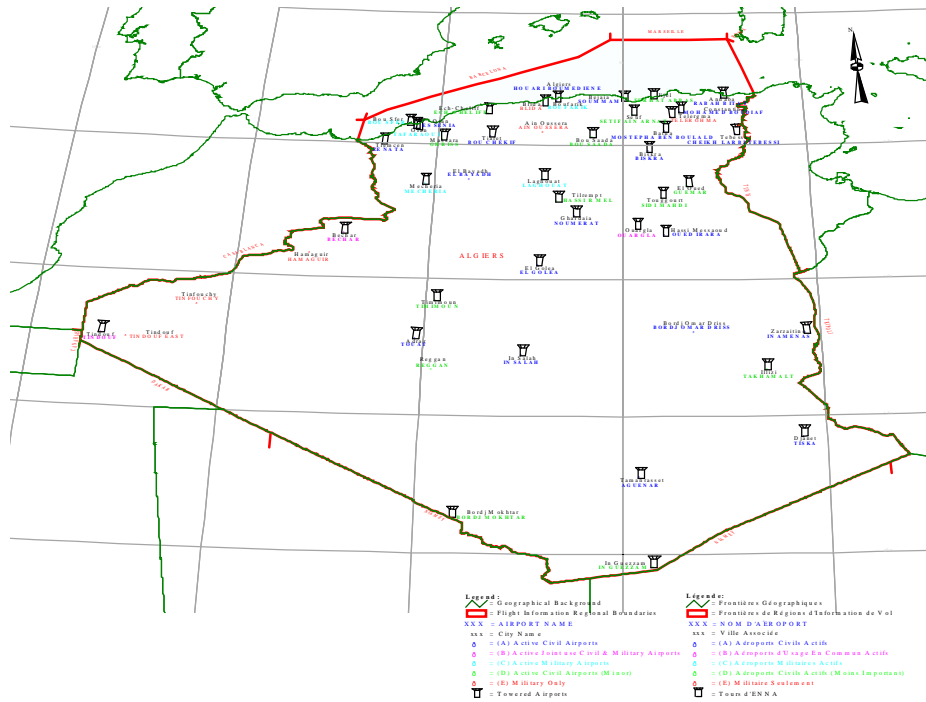
Les aérodromes sont gérés par les Directions de Sécurité Aéronautique qui sont classées selon quatre (04) niveaux

**Niveau I (01):** DSA d'Alger.

**Niveau II (06) :** DSA de Annaba, Constantine, Hassi-Messaoud, Tamanrasset, Ghardaia et Oran.

**Niveau III (08):** DSA de Tlemcen, Tébessa, Adrar, Béchar, Ouargla, In-aménas, In-salah et Djanet.

**Niveau IV (18):** DSA de Jijel, El-oued, Touggourt, El-goléa, Tindouf, Béjaia, Tiaret, Timimoun, Batna, Biskra, B.B-Mokhtar, Illizi, In-guezzam, Bousaâda, Mascara, Méchéria, Sétif, Laghouat et Hassi'Rmel .



**Fig.VI.2 : Carte des aérodrômes en Algérie**

L'ENNA réalise des projets dont le but est d'améliorer les services rendus aux utilisateurs des aérodrômes Algériens.

**b).Projet IEBA :**

Ce projet a été confié à un groupement ex ENEL (Alger) et Siemens (Allemagne), cette dernière société ayant été choisie sur la base de l'étude effectuée préalablement par son bureau d'études et une consultation internationale lancée pour la réalisation.

Le projet IEBA a été classé d'importance nationale par décret 93/270 du 10/11/93.

Ce projet est constitué de :

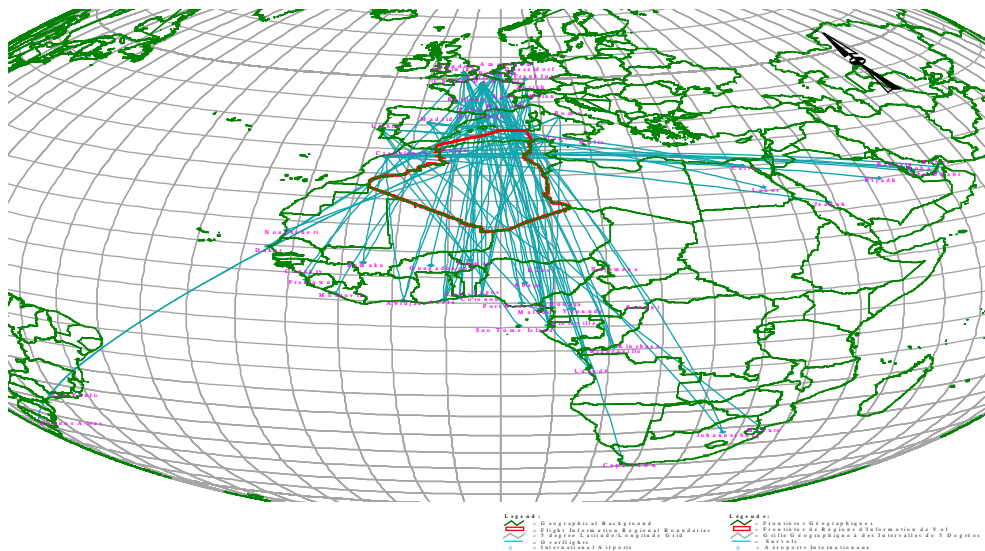
Phase 1: Etude et réalisation des balisages lumineux des deux pistes d'atterrissage avec les sous stations d'énergie et un centre de contrôle.

Phase 2: Aménagement de la distribution électrique. (juillet 1998 - Décembre 2005).

### VI-3.2. Le réseau des routes :

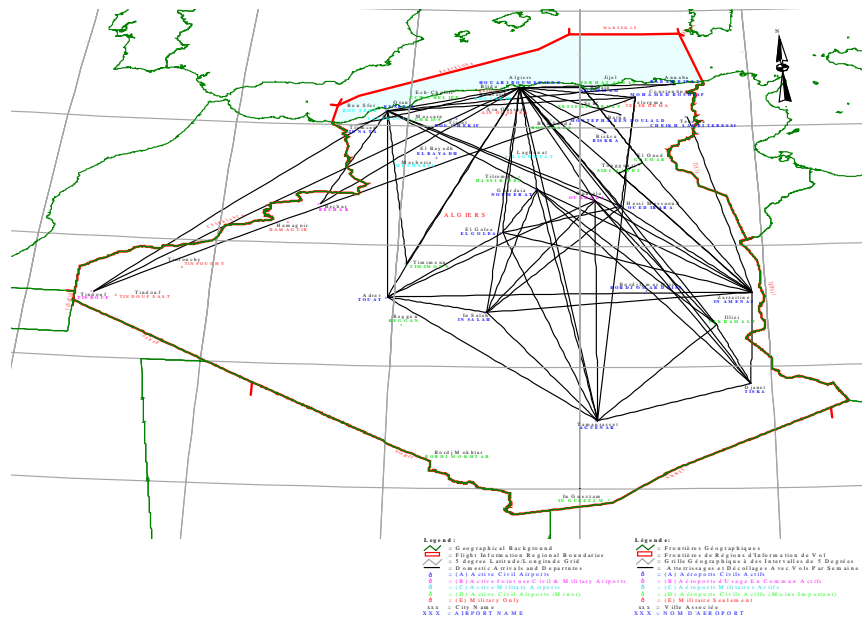
vue de sa position géographique l'Algérie est considéré comme le point de ralliement important entre les deux continent Africain et Européen et même entre les pays de West et le moyen orient le réseau de routes est structuré comme suit :

- Vols Europe - Afrique de l'Ouest ;
- Vols Afrique de l'Ouest - Moyen Orient ;
- Vols Europe- Amérique du Sud ;
- Vols Europe - Afrique du Sud.



**Fig .VI.3. Carte Réseau des routes internationales passant par l'Algérie**

En plus de ces routes il existe le réseau des routes nationales (voir la carte de réseau des routes nationales).



**Fig VI.4. Carte de réseau des routes nationales**

**VI-4 Concept CNS/ATM en Algérie :**

**VI-4.1. Communication :**

**Air-Sol :** Il existe 34 Emetteur-Récepteur VHF Tour, 08 Stations Emetteur-Récepteur HF, 15 Stations VSAT, 03 Emetteur-Récepteur VHF CCR et 17 Antenne Avancée, utilisés en Algérie.

En général, les stations VHF et HF fournissent une couverture au-dessus de FL 245 (FL100, FL240, FL300) sur une grande partie de l'espace aérien. Une double couverture est fournie dans une grande partie du nord, la simple couverture étant fournie sur la majeure partie de la région centrale et du sud immédiat; les zones de l'extrême sud n'ont aucune couverture radio VHF. (Voir carte de couverture VHF en Algérie).

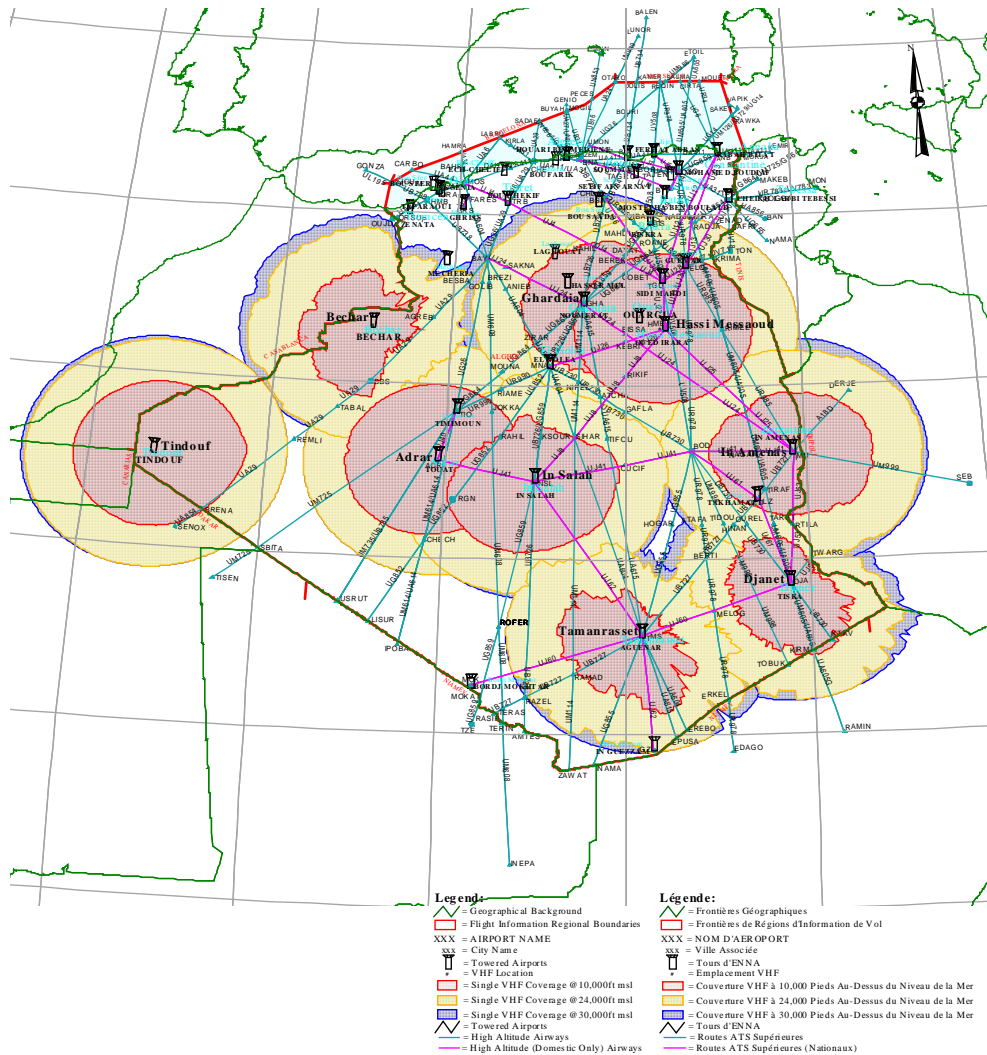


<i>Type d'Equipement</i>	<i>Nombre</i>
- Antenne Avancée	17
- Station VSAT	15
- Station Emetteur-Récepteur Haute Fréquence	08
- Emetteur-Récepteur VHF Tour	34
- Emetteur-Récepteur VHF CCR	03
- Enregistreur	27
- Station Inmarsat	06
- Thuraya	18

**Tableau VI.2. Les moyens de communication en Algérie**

<b>Station VHF/Site</b>	<b>Nombre de satation</b>
El Baydh	1
Oran Senia	1
Oran Bel horizon	1
Tiaret	1
TMA Alger	3
Constantine	1
Annaba	1
Biskra	1
Hassi-Messaoud	1
Gherdaia	1
EL Golea	1
Bechar	1

**Tableau .VI.3. Les VHF en Algérie (Nombre /Emplacement)**



**Fig.VI.5.Carte de Couverture actuelle de VHF en Algérie**

**VI-4.2.Navigation :**

En Algérie il existe comme aide à la navigation 33 VOR., 26 DME (Distance Measuring Equipment) et 09 Système d'Atterrissage aux Instruments\* (ILS) qui utilisent le DME comme moyen de mesure de distance et qui sont opérationnelles dans la plupart des aéroports équipés de tours.

Type d'Equipement	Nombre
- ILS (Instrument Landing System)*	09
- VOR (VHF Omni Range)	33
- DME (Distance Measuring Equipement)	26
- NDB (Non Directional Beacon)	34
- VOR Mobile	02
- Radiogoniomètre	09

**Tableau VI.4. Les aides à la navigation en Algérie**

\* : sans tenir compte des 29 ILS récemment acquit par l'ENNA.

#### **VI-4.3. Surveillance :**

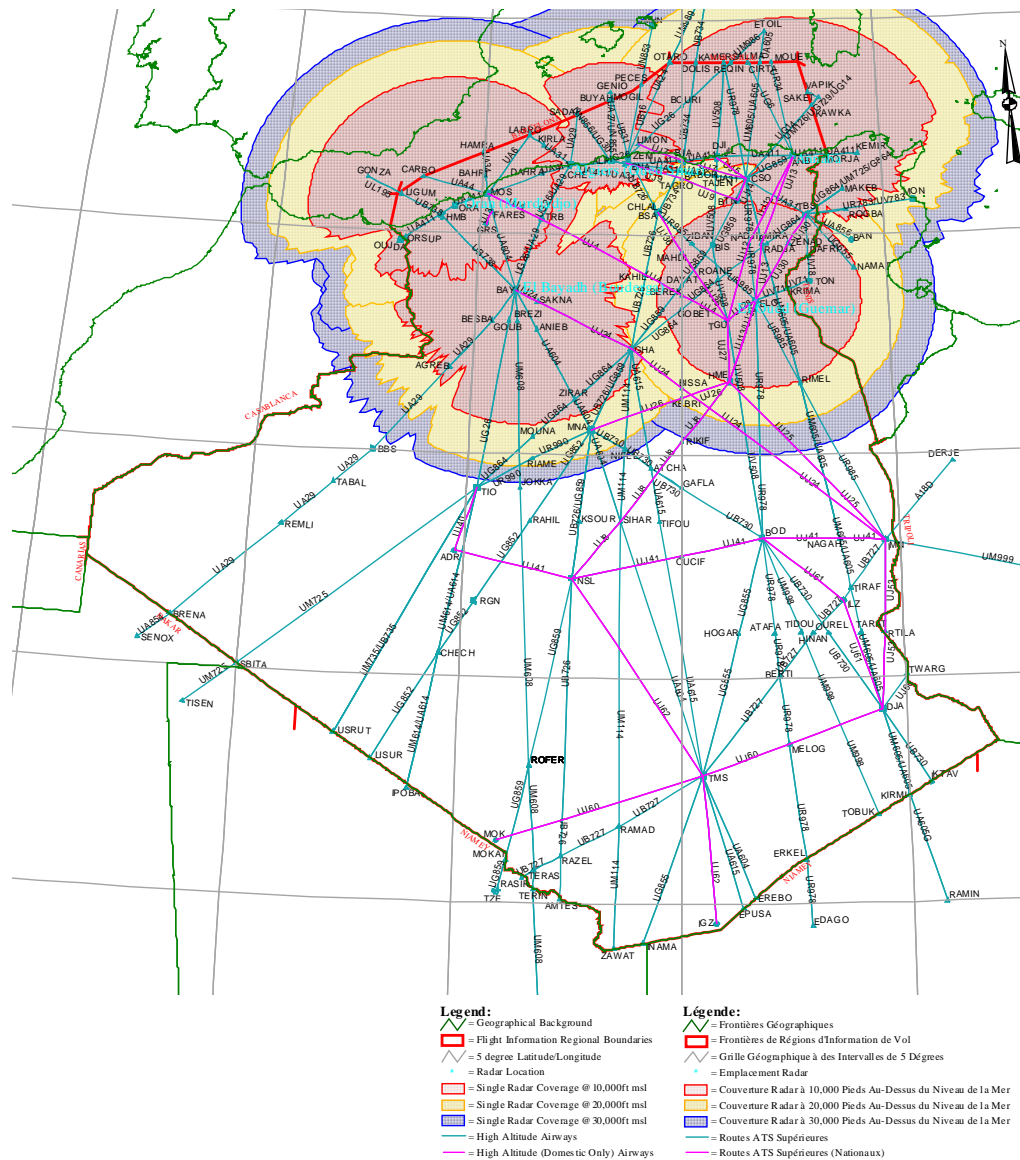
Il existe un radar primaire à Alger et cinq radars secondaires à Alger, Annaba, à Oran, El Oued, et El Bayadh. Ils fournissent la couverture du segment nord de la FIR au-dessus de niveau de vol FL 100 (FL100, FL240, FL300) sauf un secteur au sud d'Alger. En plus, ces radars fournissent la couverture radar secondaire de secteur terminal à Annaba et à Oran et la couverture primaire et secondaire combinée de secteur terminal à Alger (voir carte de couverture Radar en Algérie).

Type d'Equipement	Nombre
- RADAR	05
- Système automatisé du traitement du trafic aérien	05

**Tableau.VI.5. Les équipements de surveillance en Algérie**

Type	Site
Primaire/Secondaire	Alger
Secondaire	Annaba
Secondaire	Oran
Secondaire	EL Oued
Secondaire	EL Bayadh

**Tableau .VI.6.Les Radars et leur emplacement en Algérie**

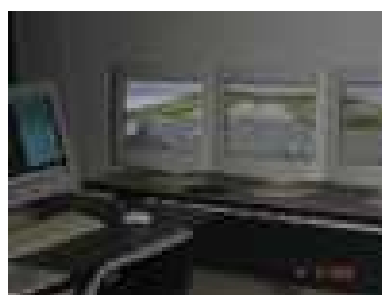


**Fig.VI.6.Carte de couverture Radar en Algérie**

**VI.4.4.Moyens de simulation ATC :**

Des outils de simulation de l'ATC sont mis à la disponibilité des contrôleurs pour assurer une formation répondant aux exigences internationaux.

<i>Type d'Equipement</i>	<i>Nombre</i>
- Simulateur de route	01
- Simulateur d'aérodrome	01

**Tableau .VI.7.Les moyens de simulation ATC****Ph.VI.1.Simulateur d'aérodrome****Ph.VI.2 Simulateur de route  
(Centre CQRENA)****VI.4.5.Environnement et disponibilité :**

La maintenance des infrastructures est très lourde comparativement à l'environnement Européen .Parmi les facteurs contribuant au vieillissement accéléré des équipements, on peut citer :

- L'humidité dans les villes côtières (oxydation) ;
- La température, notamment dans certaines régions les différences de température entre le jour et a nuit ;
- Le sable et la poussière (effet abrasif), qui sont combattus en améliorant l'étanchéité des sites et équipements ;
- Les animaux qui traversent les pistes dégradent les installations, termites qui mangent les câbles, serpents qui profitent de la chaleur des équipements ;
- Les sels marins qui attaquent les matériaux ;
- L'instabilité en tension et fréquence des alimentations ;
- Les dégradations humaines.

## **VI.5. Evolution de trafic aérien Algérien :**

Les statistiques officielles de l'ENNA classent les vols en trois catégories : Survols sans atterrissage en Algérie, qui sont indiqués dans les diagrammes ci-après comme étant les "Survols" ; les Survols Internationaux avec atterrissage en Algérie, qui sont indiqués dans les diagrammes ci-après comme étant les "Internationaux (avec Atterrissage);" et les Survols Nationaux avec Atterrissage qui sont indiqués comme étant les "Nationaux" (voir le tableau de trafic aérien en Algérie).

### **VI.5.1. Trafic route :**

Avec 151 283 mouvements enregistrés en 2006, le trafic route a connu une progression peu significative, soit une croissance de 6,4 % par rapport à 2005.

Qui se compose de :

#### **A) Survol sans escale :**

Pour le survol sans escale, on a relevé en 2006, une croissance de 10% par rapport à l'exercice précédent, enregistrant ainsi, une croissance significative pour la quatrième année consécutive.

Les survols représentent 32,7% (49469 vols en 2006) des vols, mais 85% du revenu total. La majeure partie du revenu de survol est réalisée à partir des routes Europe – Afrique de l'Ouest, et des routes Europe – Afrique du Sud qui contribuent également de manière significative. L'Algérie est parfaitement bien placée pour capturer les routes Europe - Afrique de l'Ouest, à moins que ses services ou ceux d'autres empruntant les routes d'Algérie soient sérieusement déficients. Les routes sud-africaines incluent Londres - Johannesburg, qui naturellement couperait à travers le côté Est de l'Algérie vers la Tunisie et la Libye. A l'heure actuelle, ces vols évitent la Libye et parcourent de plus longues distances de survol en Algérie. Avec la normalisation des relations internationales de la Libye, la possibilité pour que les vols Europe - Afrique du Sud dévient légèrement vers l'Est et évitent l'Algérie constitue une menace. Dans les prochaines années le survol va s'accroître à un taux plus élevé que la moyenne mondiale

**b). Survol avec escale :**

Les survols avec escale ont connu globalement une augmentation de 4,7%. Cependant, cette augmentation est due à la progression du survol avec escale national et international avec de taux de croissance soit respectivement, 2, 7% et 7,5% en 2006.

**c). Vols Internationaux :**

Les vols internationaux avec atterrissage en Algérie représentent 29% (43718 en 2006) et procurent 14% du revenu. Nombre de ces vols traversent seulement une courte distance de l'espace aérien Algérien étant donné que la plupart des aéroports internationaux sont situés près de la frontière Nord. Les vols internationaux présentent la plus grande part de trafic aérien en Algérie au cours des plusieurs dernières années.

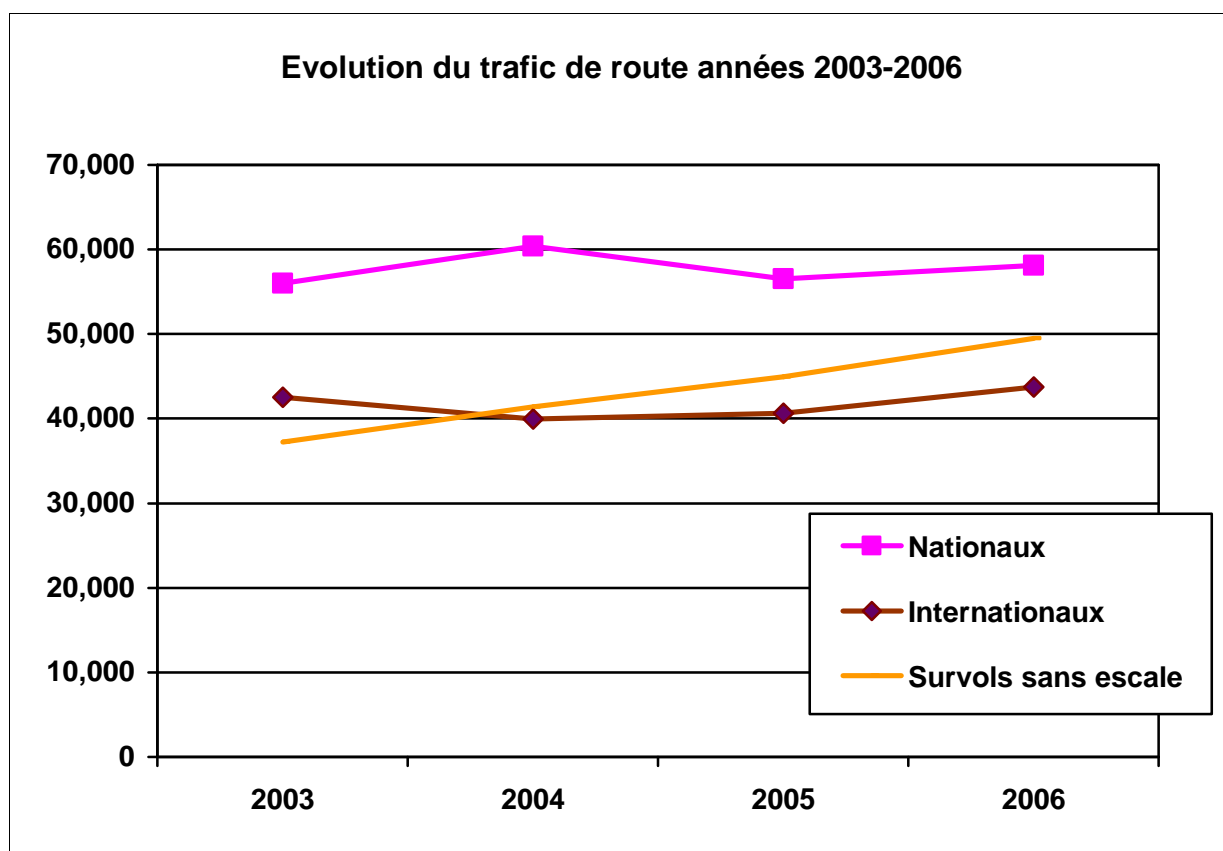
Le nombre de ces vols est lié étroitement à l'économie algérienne et à la perception mondiale de la sûreté et de la sécurité en Algérie.

**d). Vols Nationaux :**

Les vols Nationaux représentent 40% (58096 vols en 2006) de tout le trafic aérien, mais moins de 1% du revenu. Leur croissance est liée à la croissance économique algérienne. Beaucoup de ce trafic vient du sud Algérien et l'activité économique (hydrocarbures). Hassi Messaoud est devenu le deuxième aéroport le plus occupé dans le pays. Les vols Nationaux sont des générateurs insignifiants de revenu pour la navigation aérienne, comptant pour moins de 1% du total, alors que, comme indiqué ci-dessus, ils représentent 40% des vols.

	Trafic				Var %		
	2003	2004	2005	2006	04/03	05/04	06/05
<b>Survol avec escale</b>	<b>98 536</b>	<b>100 340</b>	<b>97 216</b>	<b>101 814</b>	<b>1,8</b>	<b>-3,1</b>	<b>4,7</b>
<b>National</b>	<i>56 010</i>	<i>60 388</i>	<i>56 550</i>	<i>58 096</i>	<i>7,8</i>	<i>-6,4</i>	<i>2,7</i>
<b>International</b>	<i>42 526</i>	<i>39 952</i>	<i>40 666</i>	<i>43 718</i>	<i>-6,1</i>	<i>1,8</i>	<i>7,5</i>
<b>Sans escale</b>	<b>37 232</b>	<b>41 425</b>	<b>44 964</b>	<b>49 469</b>	<b>11,3</b>	<b>8,5</b>	<b>10</b>
<b>Totaux</b>	<b>135 768</b>	<b>141 765</b>	<b>142 180</b>	<b>151 283</b>	<b>4,4</b>	<b>0,3</b>	<b>6,4</b>

**Tableau .VI.8.Le trafic Aérien EN-Route en Algérie**



**Graphes.VI.1.Evolution de trafic aérien En-Route 2003-2006**



**e).Prévision de trafic aérien en route :**

Le modèle statistique choisie est : le modèle linéaire suivant  $y=ax+b$  tel que :

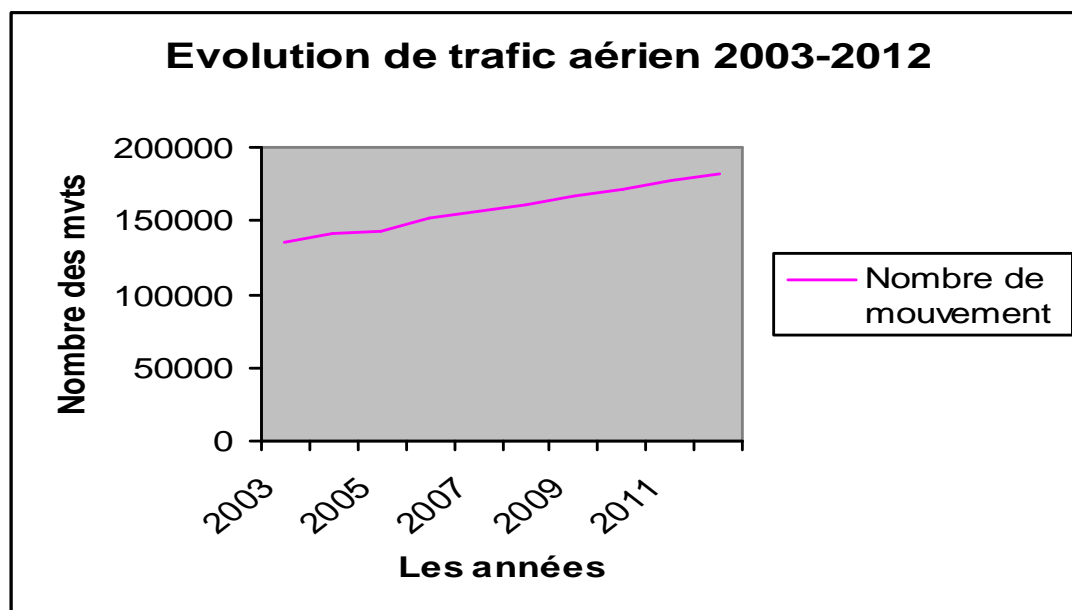
$a=5128.33333$

$b=120573$

X: représente les années; par exemple:  
 2001 est présenté par x=1.  
 2009 est présenté par x=9.

Année	Nombre de mouvement
2003	135898
2004	141765
2005	142180
2006	<b>151 283</b>
2007	156471
2008	161599
2009	166728
2010	171856
2011	176985
2012	182113

**Tableau .VI.8.Prévision de trafic en route (2003-2012)**



**Graphe.VI.2. Les prévisions de trafic En-route 2003-2012**

**Analyse :**

Les prévisions de trafic aérien en-route de 2003- jusqu'au 2012 on constate que le trafic aérien passera de 135898 mouvements en 2003 à 182113 mouvements en 2012 avec un taux de croissance de 34%.

**VI.5.2.Trafic aérodrome :**

Le nombre de mouvements (arrivées + départs) enregistrés durant l'exercice 2006, pour l'ensemble des aérodromes ouverts à la CAP s'est élevé

147 916, soit une faible augmentation de 0,1% par rapport à 2005 (Tableau Evolution du trafic aérodrome de 2001 à 2006)

Le trafic aérodrome se répartit en deux (02) types de trafic : trafic commercial et non commercial et voici les résultats qui ont été enregistrés pendant l'exercice 2006

**a) .Trafic commercial :**

Le trafic commercial en 2006 s'élève à 89 196 mouvements répartis entre 52 816 mouvements nationaux et 36 380 mouvements internationaux représentant respectivement des parts de 59,2% et 40,8% .

Une baisse du trafic commercial national a affecté presque tous les aérodromes nationaux et internationaux, soit -4,9%.

Par nature, la part du trafic régulier est de loin la plus importante, soit 89,5%, suivi par le trafic non régulier avec 9,7 %

Le trafic commercial international durant l'exercice 2006 a progressé de 7,2% par rapport à 2005

**b) .Trafic non commercial :**

Le trafic non commercial en 2006, totalise 58720 mouvements, se répartissant en 39731 mouvements pour les aérodromes internationaux et 19581 mouvements pour les aérodromes nationaux.

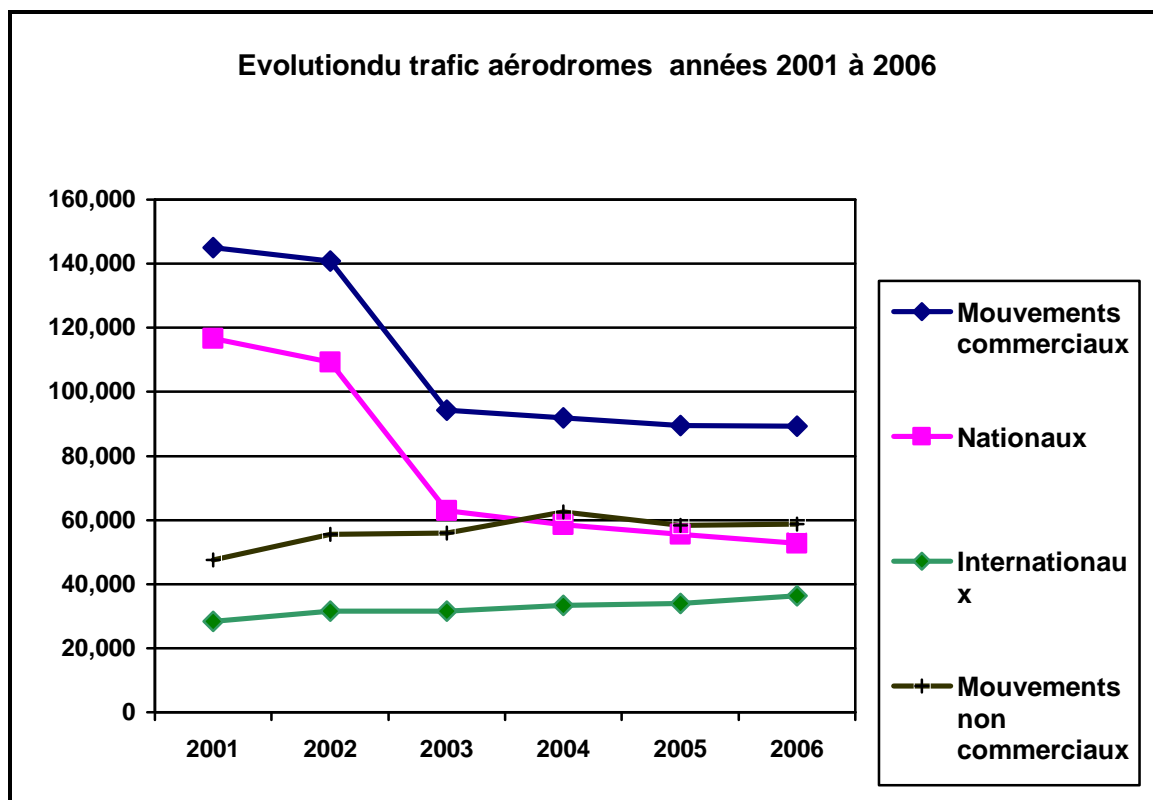
Les mouvements non commerciaux répartis entre trafic aéroport national et international représentent respectivement 51936 et 6794 mouvements, soit respectivement une part 88,4% et 11,6%.

Par nature de trafic, les mouvements « travail taxi aérien » représentent 40,8% du total trafic non commercial, suivi par le trafic « officiel », les « vols locaux » et le « privé » avec respectivement 28,8%, 14,8% et 12,6%.

**c).Evolution du trafic aéroport de 2001 à 2006 :**

	2001	2002	VAR EN% 02/01	2003	VAR EN% 03/02	2004	VAR EN% 04/03	2005	VAR EN% 05/04	2006	VAR EN% 06/05
<b>Mouvements commerciaux</b>	144 960	140 833	-2,8	94 344	-33	91 852	-2,6	89 473	-2,6	89 196	-0,3
<i>Nationaux</i>	116 609	109 315	-6,3	62 837	-42,5	58 531	-6,9	55 526	-5,1	52 816	-4,9
<i>Internationaux</i>	28 351	31 518	11,2	31 507	0	33 321	5,8	33 947	1,9	36 380	7,2
<b>Mouvements non commerciaux</b>	47 635	55 624	16,8	55 894	0,5	62 546	11,9	58 264	-6,8	58 720	0,8
<b>Total</b>	<b>192 595</b>	<b>196 457</b>	<b>2,0</b>	<b>150 238</b>	<b>-23,5</b>	<b>154 398</b>	<b>2,8</b>	<b>147 737</b>	<b>-4,3</b>	<b>147 916</b>	<b>0,1</b>

**Tableau.VI.9. Evolution du trafic aéroport de 2001 à 2006**



**Graphique .VI.3. Evolution de trafic aéroport 2001-2006**

En se basant sur le tableau et le graphique ci-dessus on constate que :

### **1)-Mouvements commerciaux :**

Le trafic aérien commercial a enregistré 114960 mouvements en 2001 contre 89196 mouvements en 2006 avec une baisse de 22%.

### **2)-Nationaux :**

Le trafic aérien national a enregistré 116609 mouvements en 2001 contre 52816 avec un taux de baisse de 54 %. (Cela pourra être expliqué par la sortie de la compagnie Khalifa Airways, mais le trafic aérien national pourra connaître une hausse avec l'éventuelle ouverture de l'espace aérien national pour les compagnies privées.

### **3).Internationaux :**

Le trafic aérien international a enregistré 28351 mouvements en 2001 contre 36380 avec une hausse de trafic de 28%. (Le trafic international pourra connaître une hausse vertigineuse avec le développement économique de l'Algérie et la stabilisation de la situation sécuritaire, donc le développement de secteur touristique avec le

programme prometteur de développement de ce secteur et la création des tours opérateurs).

**4).Mouvements non commerciaux :**

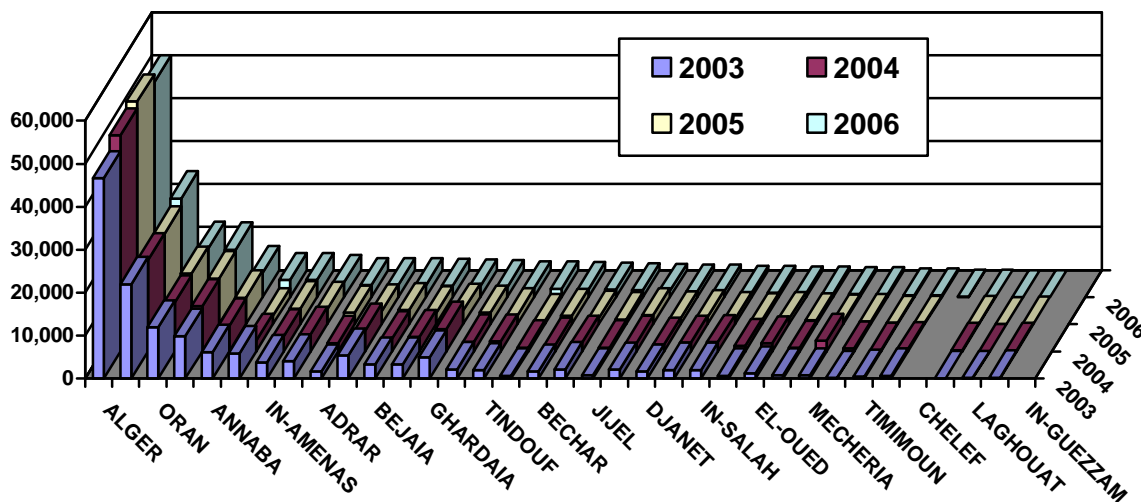
Le trafic aérien non commercial a enregistré 47635 mouvements en 2001 contre 58720 en 2006 avec un taux de croissance de 23 %.

**d).Analyse de trafic par aéroport (2003-2006) :**

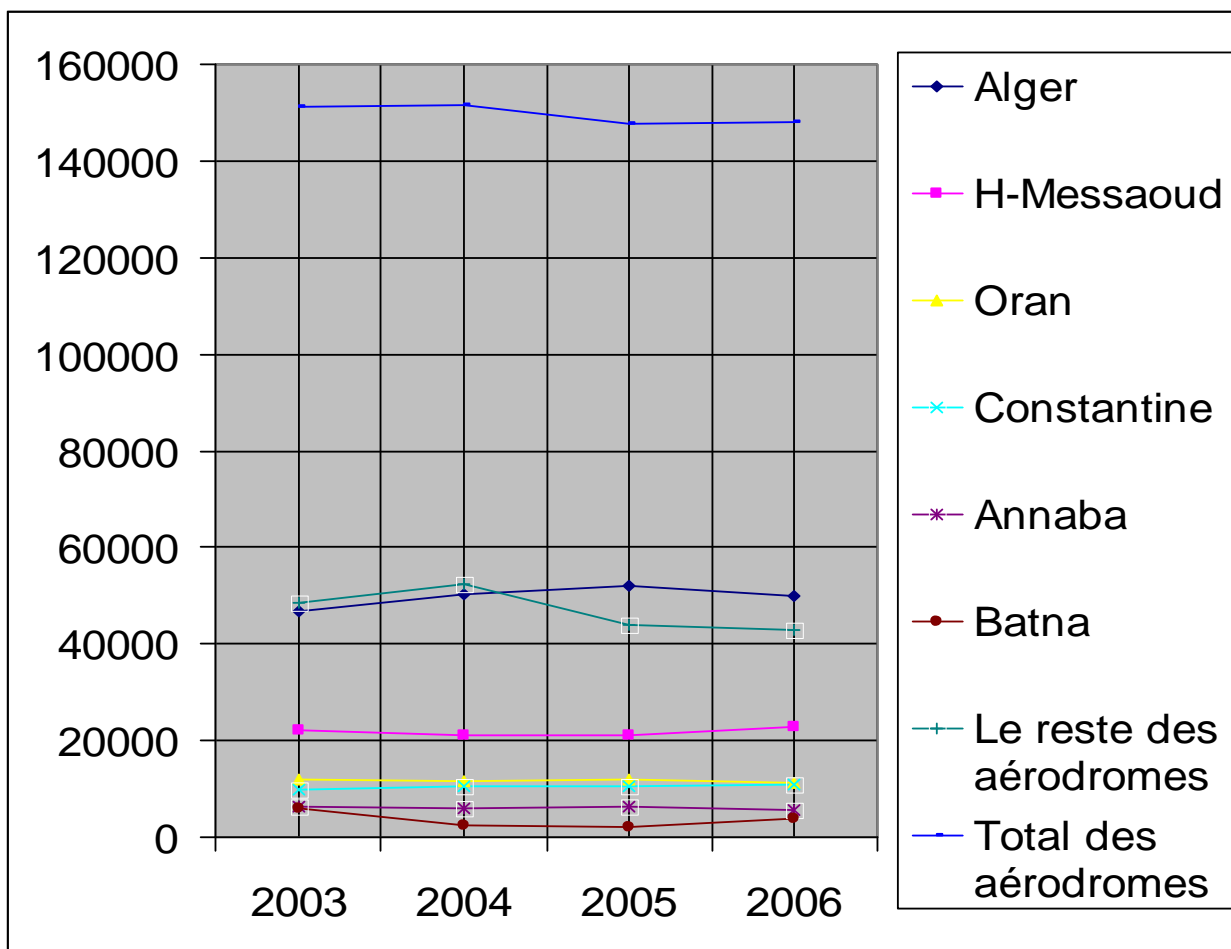
AERODROMES	2003	2004	2005	2006	VAR EN % 04/03	VAR EN % 05/04	VAR EN % 06/05
ALGER	46 663	50 252	51 886	50 007	7,7	3,3	-3,6
H-MESSAOUD	22 008	21 236	21 108	22 990	-3,5	-0,6	8,9
ORAN	11 951	11 448	11 835	11 297	-4,2	3,4	-4,5
CONSTANTINE	9 899	10 529	10 658	11 044	6,4	1,2	3,6
ANNABA	6 206	6 013	6 222	5 632	-3,1	3,5	-9,5
BATNA	5 892	2 486	2 059	4 030	-57,8	-17,2	95,7
IN-AMENAS	3 841	3 525	3 705	4 027	-8,2	5,1	8,7
H-R'MEL	4 011	4 063	3 558	3 496	1,3	-12,4	-1,7
ADRAR	1 643	1 950	2 700	2 797	18,7	38,5	3,6
OUARGLA	5 343	4 772	3 022	2 788	-10,7	-36,7	-7,7
BEJAIA	3 265	3 008	3 293	2 735	-7,9	9,5	-16,9
TAMANRASSET	3 296	3 368	2 575	2 694	2,2	-23,5	4,6
GHARDAIA	4 925	5 213	3 210	2 478	5,8	-38,4	-22,8
TLEMCEEN	2 167	2 253	2 686	2 309	4,0	19,2	-14,0
TINDOUF	1 964	2 346	2 051	2 069	19,5	-12,6	0,9
SETIF	686	914	808	1 997	33,2	-11,6	147,2
BECHAR	1 617	1 538	1 966	1 819	-4,9	27,8	-7,5
EL-GOLEA	2 148	2 036	1 452	1 741	-5,2	-28,7	19,9
JIJEL	775	918	1 144	1 655	18,5	24,6	44,7
BISKRA	2 087	1 969	2 082	1 496	-5,7	5,7	-28,1
DJANET	1 618	1 616	1 342	1 312	-0,1	-17,0	-2,2
ILLIZI	2 004	2 008	1 641	1 286	0,2	-18,3	-21,6
IN-SALAH	2 008	2 163	1 241	1 044	7,7	-42,6	-15,9
TIARET	676	1 334	896	1 036	97,3	-32,8	15,6
EL-OUED	1 228	1 885	1 219	888	53,5	-35,3	-27,2
TEBESSA	792	880	942	804	11,1	7,0	-14,6
MECHERIA	751	2 469	602	766	228,8	-75,6	27,2
TOUGGOURT	174	698	700	636	301,1	0,3	-9,1
TIMIMOUN	428	323	352	447	-24,5	9,0	27,0
B-B-MOUKHTAR	666	556	364	396	-16,5	-34,5	8,8
CHELEF				133			
MASCARA	106	300	260	43	183,0	-13,3	-83,5
LAGHOUAT	147	20	42	18	-86,4	110,0	-57,1
BOU-SAADA	255	309	116	6	21,2	-62,5	-94,8
IN-GUEZZAM	PAS DE TRAFIC						
TOTAL	151240	154398	147 737	147 916	2,1	-4,3	0,1

**Tableau .VI.10.Le trafic par aéroport de 2003-2006**

Evolution du trafic global des aéroports années 2003-2006



Graphe.VI.4. Evolution de Trafic aéroport global 2003-2006



Graphe.VI.5. Evolution de trafic par Aéroport :

En général le trafic d'aérodrome pour les grandes aérodromes (Internationaux) a subit une légère croissance pour des différentes raisons économiques et sécuritaires comme exemple le trafic aérodrome d'Alger passait de 51886 mouvements en 2005 à 50007 soit à un taux de décroissance

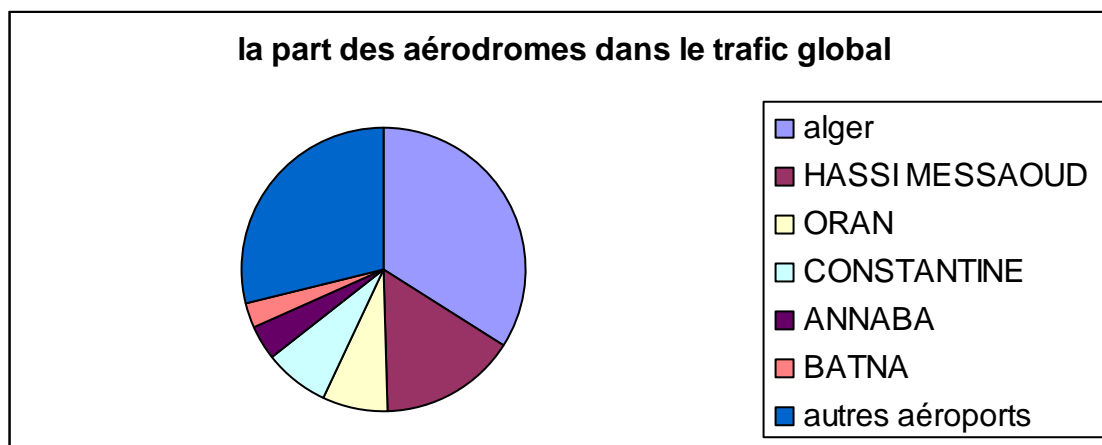
Par contre dans les aérodromes secondaires (Nationaux) le trafic est en baisse.

En se basant sur le tableau ci-dessous on a tracé le graphe de la part des aérodromes dans le trafic aérodrome global

Années	2003	2004	2005	2006
Aérodrome				
Alger	46663	50252	51886	50007
H-Messaoud	22008	21236	21108	22990
Oran	11951	11448	11835	11297
Constantine	9899	10529	10658	11044
Annaba	6206	6013	6222	5632
Batna	5892	2486	2059	4030
Le reste des aérodromes	48621	52434	43969	42916
Total	151240	151389	147737	147916

**Tableau.VI.11. Le trafic dans les différents aérodromes**





**Graphé .VI.6. Les taux de participations des aéroports dans le trafic global**

De ce graphe on constate que 6 aéroports sur les 36 aéroports ouverts à la CAP soit 16 % de nombre total des aéroports contribuent à 71 % de trafic global aéroport, l'aéroport d'Alger seul présente 34 % de trafic aéroport global.

**e).prévisions de trafic aéroport 2001-2012 :**

Le modèle statistique choisi est le modèle non linéaire linéarisé tel que :

$$y = \exp(ax + b)$$

$$a = 0.0528.$$

$$b = 11.587.$$

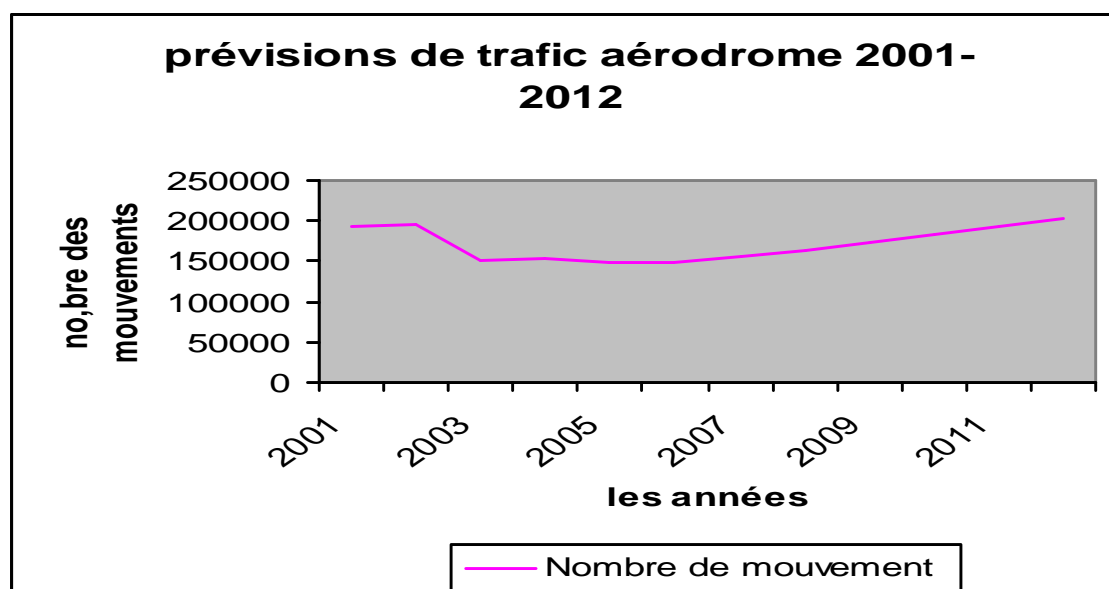
X: représente les années; par exemple:

2001 est présenté par  $x = 1$ .

2009 est présenté par  $x = 9$ .

Année	Nombre de mouvement
2001	192595
2002	196457
2003	150238
2004	154398
2005	147737
2006	<b>147916</b>
2007	155842
2008	162755
2009	172819
2010	182590
2011	192336
2012	202927

**Tableau. VI.12. Préviation de trafic aéroport (2001-2012)**

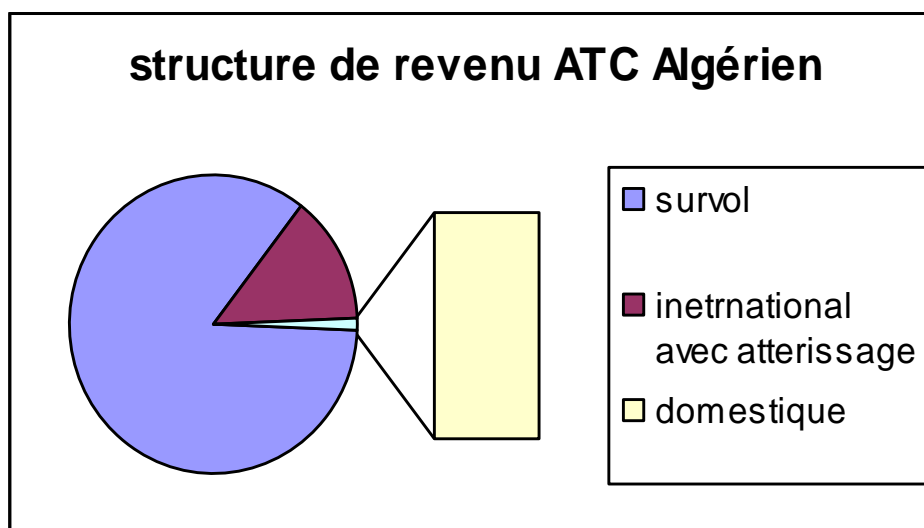


**Graphe VI.7.Préviation de trafic aéroport 2001-2012**

**Analyse :** de ce tableau on constate que le trafic aéroport passe de 192595 mouvements en 2001 à 202927 mouvements en 2012 soit un taux de croissance de 5 ,36 % donc faible relativement au trafic en-route.

### **VI.6.Structure de revenu pour l'ATC Algérien /relation avec la navigation :**

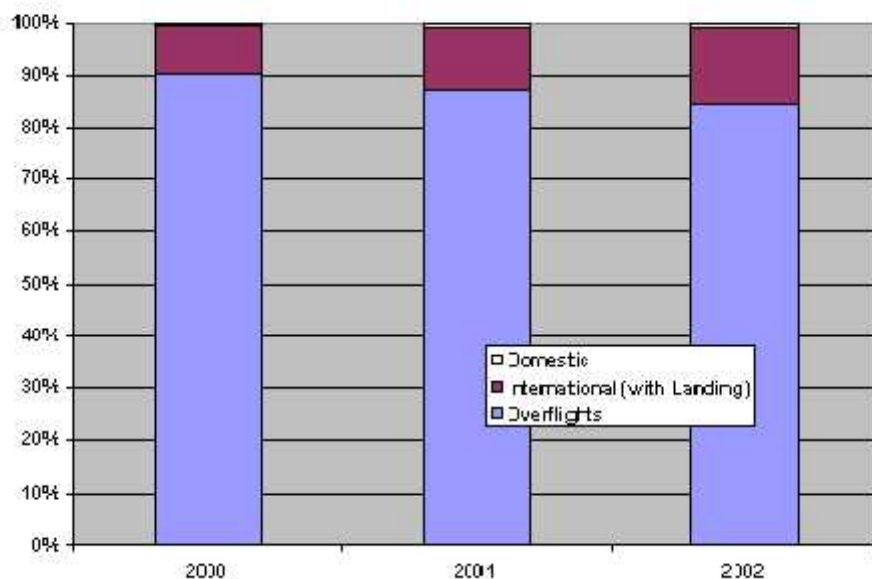
Un total de 85% du revenu du système provient des Survol, lesquels, comme cela a été souligné ci-dessus, représentent seulement 22% des vols pris en charge par le système de navigation aérienne.



**Graphe.VI.8. Structure de revenu ATC Algérien**

Les vols Internationaux qui atterrissent en Algérie rapporté un revenu de navigation aérienne en croissance rapide (à titre d'exemple de 32% supérieur en 2002 par rapport à 2001). Cependant, ils ne représentent que moins de 15% de l'ensemble du revenu mais 38% des vols ; la diminution sensible des vols a sans doute réduit le revenu , il est heureux que ces opérations volatiles soient de loin moins importantes que les survols qui sont plus stables et plus défendables.

Les vols Nationaux algériens sont des générateurs insignifiants de revenu pour la navigation aérienne, comptant pour moins de 1% du total, alors que, ils représentent 40% des vols (voir graphe ci-dessous)

**structure de revenu de navigation pour l'ATC Algérien****Graphique .VI.9. Structure de revenu ATC /navigation 2000-2002****VI-7.L'expérience Algérienne dans l'automatisation de l'ATC****(TRACFA) :****VI-7.1.Projet TRAFCA : Traitement Automatique des Fonctions de la Circulation Aérienne :**

Ce projet a pour but l'introduction de l'outil Radar dans le système de contrôle à l'instar des systèmes opérationnels dans les pays Européens limitrophes, l'Algérie faisant partie d'une région considérée comme interface entre l'Europe et l'Afrique

Un des objectifs affichés par le Plan National de la Navigation Aérienne ou PNNA de 1989 est d'accroître la capacité et les performances du système de navigation aérienne algérien, Pour y parvenir, un projet de modernisation de l'espace aérien (TRAFCA) a été lancé en 1993.

**VI.7.2.Objectifs du projet TRAFCA :**

- Améliorer la sécurité de la circulation aérienne ;
- Augmenter la capacité de gestion du trafic aérien ;
- Fournir des outils afin d'assister le contrôleur et d'augmenter la capacité de ce secteur ;

- Alléger le volume de travail du contrôleur en prenant en charge les tâches fastidieuses
- Assurer l'intégrité des données ;
- Visualisation intelligente des données de trafic aérien ;
- Réduire la charge des canaux vocaux ;
- Prévoir et réguler le trafic aérien.

Ce projet est constitué de deux parties : SYRAL (Système Radar Algérien) pour la partie Radar et SAACTA (Système Algérien Automatisé de Contrôle du Trafic Aérien) pour la partie Système; cette partie comprend également l'équipement et la mise en œuvre d'un centre de qualification pour les besoins de perfectionnement et de recyclage pour le personnel technique de la navigation Aérienne.

#### **a)La partie SYRAL :**

Cette partie comprend principalement la couverture radar de la partie Nord et des Hauts Plateaux de la région d'information de vol d'Alger par l'acquisition et la mise en service de cinq stations radar secondaires d'une portée de 450 Km, qui seront installées à Alger, Oran, Annaba, El Bayadh et El Oued. A noter que la station d'Alger comporte un radar primaire complanté avec le secondaire.

#### **b).La partie SAACTA :**

Cette partie du projet TRAFCA a porté sur :

- L'acquisition, l'installation et la mise en service d'équipements pour les besoins du Centre de Contrôle Régional d'Alger (ainsi que des approches des aéroports d'Alger, d'Oran, d'Annaba et de Constantine) constitués de systèmes de traitement de données Radar corrélées avec les données plan de vol, des pupitres d'exploitation, de systèmes de gestion des communications (téléphonie de radio) et des systèmes d'enregistrement de données et de replay.
- La mise en oeuvre de l'ADS dans la partie sud de la FIR Alger (dans une seconde phase)

- La réalisation d'un CQRENA (Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne) doté d'équipements pédagogiques : simulateurs de contrôle de trafic aérien pour l'aérodrome et pour le contrôle en route, des laboratoires techniques, un système de développement software. Ce centre permettra en outre, de qualifier le personnel technique chargé de l'exploitation du système TRAFCA ainsi que sa maintenance.

### **VI-8.L'Apport de system EGNOS :**

Le system EGNOS aura des apports important pour l' ATC Algérien dans les différents domaines tout comme en Europe ou en Afrique.

#### **VI-8.1.Opérationnels :**

Quatre avantages quantifiables ont été identifiés comme réalisables en utilisant l'EGNOS en Algérie :

- A) Minimums inférieur

L'atterrissage serait possible avec les niveaux de visibilité inférieurs aux aéroports non équipés avec ILS, donc des délais réduisant et des diversions aux aéroports alternatifs et des vols annulés. Les évaluations de ces avantages doivent prendre compte de tous les coûts supplémentaires qui deviendraient nécessaires, ainsi qu'installer ou améliorer l'éclairage de piste d'envol.

- B) Approches de la précision courbée/segmentée

EGNOS pourrait permettre des procédures de l'approche de précision plus flexibles qui résulteraient en économies du temps/carburant et avantages d'impact du bruit réduit. Cependant, il peut y avoir des contraintes environnementales et des problèmes de travail du contrôleur augmenté qui peuvent empêcher ces avantages de s'être réalisés.

- C) augmenter la capacité des pistes , il est considéré que le temps d'occupation de la piste d'envol et le temps entre l'approche consécutive d'avion et l'atterrissage alternatif et le départ pourraient être réduits.

- D) Les opérations dans les régions avec l'infrastructure d'aide de la navigation conventionnelle insuffisante (sud Algérien)

EGNOS fournit une capacité de la navigation pour les régions où l'installation d'aides de la navigation conventionnelle ne peut pas être possible ou économiquement viable.

En plus de ces avantages qui peuvent être décrits dans les termes quantitatifs, les avantages de la sécurité peuvent être réclamés pour l'EGNOS. Les avantages de la sécurité sont fondamentalement difficiles pour évaluer directement vu qu'ils résultent de la réduction du risque d'un accident où blessure et/ou la perte de vie pouvant se produire.

EGNOS pourra présenter un appui trop important dans le programme ambitieux de l'Algérie pour l'implantation de RNAV qui nécessite une précision considérable surtout dans la phase PRNAV en route et en TMA dont son application est une question de temps et qui imposera le choix entre les différents scénarios de system EGNOS.

EGNOS permettra à l'Algérie d'exécuter son engagement envers l'OACI dans le projet d'implantation de GNSS en Afrique.

### **VI.8.2. Economiques :**

En analysant la structure de trafic aérien en Algérie et le revenu de navigation due à ce trafic , les infrastructures aéroportuaires , et les moyens utilisés par l'ATC Algérien .

Avec un trafic aérien national qui représente 40 % de trafic aérien global mais qui apportera seulement 1% de revenu pour l'ENNA, avec 36 aéroports en Algérie 6 de ces aéroports (16 %) représentent 71% de trafic réalisé par l'ensemble des aéroports et dont l'aéroport d'Alger seul réalise 34% de trafic global (voir graphe de participation de chaque aéroport dans le trafic global tableau d'évolution de trafic aérien par aéroport pour l'année 2006 en annexes). La majorité des pistes ne sont pas équipées de système d'aide à l'atterrissage et dont l'installation d'un tel system est non rentable économiquement EGNOS permettra à l'Algérie de gagner en matière d'investissements dues à l'implantation des instruments d'aide à l'atterrissage (ILS)

dont le prix est relativement élevé avec les coûts de maintenance (voir paragraphe environnement et disponibilité) sachant que :

- Un ILS doit être remplacé après 15 ans de service.
- Tous pays avec un stock d'ILS avec un moyen d'âge supérieur à 15 ans doit remplacer ces équipements en moyen d'un par an.
- Le coût de rafraîchissement d'un ILS est équivalent à 25% de son prix.

EGNOS permettra d'apporter des bénéfices économiques tout en améliorant la sécurité et assurant faiblement le service nécessaire de la navigation. Il permettra aussi à l'Algérie de réduire ces investissements et les concentrés dans un domaine qui apportera plus de 85% de revenu de l'ENNA et dont l'automatisation de contrôle pourra améliorer nettement la sécurité, la fluidité et la fiabilité.

### **VI-8.3. Autres avantages :**

EGNOS pourra apporter à l'Algérie d'autres bénéfices hors de domaine aéronautique tel que dans le domaine maritime commercial ou militaire (garde côtière) et même dans le domaine de transport routier et dans tous les domaines déjà cités dans le chapitre précédent (cf 5).

Il pourra aussi contribuer dans les services de recherche et sauvetage.

### **VI-8.4. EGNOS un éventuel support satellitaire pour le projet TRACFA :**

Le projet TRACFA d'automatisation de l'ATC Algérien a pour objectif faire face aux lacunes de la navigation aérienne tel que : l'amélioration de la sécurité, assurer la couverture dans les parties de l'espace Algérien non couvert par le radar en utilisant l'ADS, augmenter la capacité de l'espace aérien, et diminuer la charge des canaux HF et VHF et cela pour assurer une gestion optimale du trafic.

EGNOS en étant un élément de GNSS pourra être un support qui aura des apports considérables pour le projet TRACFA et donc l'ATC Algérien tout en assurant la surveillance automatique par satellite et permet que l'on ait recours à la liaison de données par satellite qui permet

- liens plus directs et efficaces entre les systèmes au sol et embarqués, ce qui permettrait d'améliorer les services de gestion de la circulation aérienne;
- traitement et transfert améliorés des communications aéronautiques;

Diminution de la congestion des canaux des fréquences radio; interopérabilité des modes de communications (Pour plus de détails voir le cf.2)



### **VI-8.5. L'EGNOS et le service recherche et sauvetage SAR :**

Il pourra aussi contribuer dans les services de recherche et sauvetage dont l'Algérie pourra profiter pleinement, sachant que EGNOS pourra assurer cette fonction à partir.

L'utilisation de système EGNOS dans la recherche et sauvetage (SAR) a été évoquée dernièrement dans le séminaire « 2eme séminaire national sur la recherche et sauvetage le : 11 ; 12 ; 13 juin 2007 », Organisé en Algérie

### **VI-9.L'utilisation de system EGNOS en Algérie et les conséquences éventuelles :**

#### **VI-9.1.Les scénarios applicables en Algérie :**

Les mêmes origines d'application de ces scénarios dans l'Europe seront valables pour l'Algérie avec l'introduction prochaine de RNAV (voir cf .V) :

Si EGNOS sera exploité en Algérie le scénario FOC est le scénario qui sera utilisé car il est plus rentable et il apporte plus d'avantages, et il est disponible à partir de 2007

#### **VI-9.2.Impact sur l'organisation de l'espace aérien Algérien :**

Le system ATC algérien tel qu'il est répond aux besoins de trafic aérien actuel mais qui nécessite d'être modifiées pour satisfaire les demandes du futur résultant de l'augmentation de trafic et l'application des normes RVSM, RNAV et même l'utilisation de GNSS comme moyen de navigation, y compris le resectorisation de l'espace aérien tout en respectant les contraintes de sectorisation suivantes :

##### **.1)-Contrainte de temps de passage minimum :**

cette contrainte exprime qu'un avion doit passer dans chaque secteur qu'il traverse une durée de temps minimum donnée, afin que les contrôleurs aient suffisamment de temps (au moins le temps de coordination nécessaire à la transmission de l'avion depuis le secteur précédent vers le secteur suivant) pour gérer correctement l'ensemble des avions dans leur secteur

**2)-Contrainte de distance minimum (au sens des routes) :**

cette contrainte a pour but d'assurer que la distance entre un point de croisement du réseau de transport aérien et la frontière du secteur doit être supérieure ou égale à une distance donnée. Notons qu'elle est seulement "au sens des routes" pour que les contrôleurs aient suffisamment de temps (à compter du moment où l'avion entre dans leur secteur) pour résoudre les conflits potentiels qui peuvent se produire en ce point.

**3)-Contrainte de convexité (au sens des routes) :**

la convexité des secteurs au sens des routes permet d'assurer que, pendant un vol reliant un aéroport de départ et un aéroport de destination, l'avion passe une fois au maximum par secteur pour éviter le cas où l'avion sort d'un secteur, puis y entre à nouveau.

Ces trois contraintes spécifiques ont été étudiées dans. Toutefois, il est nécessaire d'y ajouter la contrainte de connexité de secteur.

**4)-Contrainte de connexité de secteur :**

Elle permet d'éviter la fragmentation des secteurs, que les contrôleurs ne peuvent pas gérer correctement .

**VI-10.L'Algérie et EGNOS :****VI-10.1.Les obstacles à l'utilisation des GNSS comme aides à la navigation aérienne en Algérie sont notamment les suivants:**

a) Absence, au niveau des gouvernements, des organismes de réglementation ou des fournisseurs, de structures uniformes qui permettent de prendre des décisions cohérentes concernant les GNSS;

b) Absence de structures régionales efficaces;

c) Activités d'assistance technique faisant double emploi;

- d) Les compétences techniques dans le domaine des GNSS ne sont pas exploitées au niveau régional, voire bilatéral;
- e) Absence de modèle uniforme pour le recouvrement des coûts de l'ensemble des services aéronautiques;
- f) Absence d'infrastructure d'enseignement centralisée et institutionnalisée qui permette de se familiariser avec la politique, la réglementation, les opérations et les technologies dans le domaine de l'aéronautique.

### **VI-10.2. Les mesures à prendre en cas d'application de GNSS en Algérie :**

Vu les obstacles de l'implantation de GNSS en Algérie mentionnés ci-dessus et les investissements relativement lourde pour l'Algérie seule, donc elle doit régir dans un cadre plus grand et important pour profiter de ce service

### **VI-10.3. Dans quel cadre l'Algérie agira pour profiter des services d'EGNOS :**

#### **1) GNSS région AFI :**

Reconnaissant l'importance stratégique de la navigation par satellite, ses applications potentielles et les déficiences actuelles du GNSS, la région AFI a décidé de développer sa propre stratégie de mise en oeuvre du GNSS par une approche en trois phases, au travers d'un complément étendu (SBAS) basé sur EGNOS pour couvrir les besoins à court et moyen termes et sur un ensemble constitué de constellations existantes améliorées (GPS ou GLONASS) et de nouvelle constellation civile (GALILEO), à long terme.

1) L'Algérie pourra profiter de l'expérience en GNSS acquise par l'ASECNA lors de la mise en oeuvre du banc d'essai EGNOS en Afrique de l'ouest et Afrique Centrale et des essais APV1 (Approche avec guidage vertical), correspondant à la première phase de la stratégie GNSS AFI).

2) La nécessité d'une coopération pour assurer une mise en oeuvre globale du GNSS

3) Une proposition concrète pour faciliter la mise en oeuvre et l'utilisation opérationnelle du GNSS et de ses diverses composantes.

L'Algérie pourra donc bénéficier de l'aide et de l'expérience de l'OACI pour l'implantation de GNSS en Afrique, ou celles de l'ASECNA.

### **2).Le projet EuroMed transport :**

C'est un projet de coopération entre les pays de bassin méditerranéen en vue de développement de transport dans ces différents aspects

### **3).Le projet METIS (MEditeTerranean Introduction of GNSS Services) :**

L'extension du Système global de navigation par satellite (GNSS) à la zone méditerranée est apparue comme une option indispensable pour la création d'un réseau trans-méditerranéen de transport et pour la cohésion des systèmes de transport multimodaux.

Le but principal de METIS est de définir une politique commune et partagée à l'échelle Euro-Méditerranéenne en vue de l'implantation des services GNSS dans la région MEDA. METIS développe un "**Plan Régional GNSS**" à un horizon de 5 à 10 ans pour développer le marché des services GNSS dans la région MEDA, initialement au travers des services **EGNOS** et afin de faciliter l'introduction future de l'ensemble des services **GALILEO**.

METIS conduira un programme d'activités de formation et de démonstrations, impliquant les parties prenantes et utilisateurs dans les pays suivants: **Algérie, Egypte, Israël, Jordanie, Liban, Maroc, Territoires de l'Autorité Palestinienne, Syrie, Tunisie et Turquie.**

METIS sera conduit en parallèle avec le développement de la fourniture des signaux spatiaux **GNSS** sur la région, conduit par l'Agence Spatiale Européenne (ESA - European Space Agency).

METIS prépare le chemin pour l'introduction des services EGNOS et GALILEO dans le bassin méditerranéen.



**Fig.VI.7 : Extension de service GNSS dans le bassin méditerranée**

#### **VI-10.4.Mesures a prendre en cas d'implantation d'EGNOS en Algérie :**

Si l'Algérie optera pour cette solution et dont elle n'aura pas le choix s'il vaudra être à jour et suivre le développement qui se passe autour d'elle et dans le monde entier ou simplement récupérer le retard due au décennie noire qu'elle a vécu, en matière de développement de son système de navigation l'Algérie doit tôt au tard et vue le développement qui se passe dans son trafic aérien ,et les différents projets qu'elle mené comme l'application des normes RVSM, l'application du RNAV l'Algérie doit :

1) développer sa propre stratégie d'implantation de GNSS dans son territoire toute en profitant de l'expérience des différents organismes internationaux ou régionaux

2) opter pour un system redondant basé sur les moyens conventionnelles et les moyens de navigation par satellite pour remédier à l'indisponibilité du réseau satellitaire ,ces indisponibilités sont généralement planifiées, hormis en cas de panne du récepteurs de la station terrienne .Elles sont souvent dues à l'activité solaire (positionnement du soleil face à l'antenne), et sont signalées par Intelsat .Leur périodicité est de deux fois par an en moyenne, et la durée des perturbations varie de 30mn à quelques heures pour recouvrer une stabilité totale.

3) Adopter la stratégie européenne développer par EUROCONTROL pour l'étude des bénéfices, coûts et des exigences techniques d'implantation du system EGNOS en Algérie selon ces capacités et moyens et pour répondre aux exigences de trafic aérien Algérien, ou elle pourra développer sa propre stratégie comme c'était le cas pour l'Espagne avec les aéroports de Madrid.

4) EGNOS peut être considéré comme le moyen de radio navigation de l'avenir, sa mise en place si elle nécessitera des moyens permettra à terme aussi bien une amélioration du service que des économies substantielles, un gros travail reste à fournir désormais sur le droit de la navigation aérienne par satellite

## **Conclusion :**

EGNOS avec ces différents apports opérationnels économiques et dans les différents domaines et précisément dans l'aéronautique ,sera le premier pas déterminant de l'Algérie dans le domaine de navigation par satellite et servira de base certaine pour accueillir le Galileo dans le futur, avec tous ce qu'il offre comme service de navigation robuste et sûr pour les phases en route jusqu'à des opérations de type approche avec guidage vertical de niveau APV II qui seront bénéfiques pour les aérodromes isolées , et la possibilité de l'utiliser comme support de notre projet d'automatisation de contrôle de trafic aérien EGNOS peut être considéré comme le moyen de radio navigation de l'avenir, sa mise en place nécessitera des moyens, des investissements dans différents plans (formations, installations, droit de navigation par satellite, nouvelles procédures GNSS pour nos aérodromes) mais tôt au tard l'Algérie devra franchir cette phase pour répondre aux besoins et aux défis du futur ,en optimisant l'exploitation de l'espace aérien Algérien , rentabilisant le service de navigation dans les aérodromes isolées et d'exécuter son engagement envers l'OACI dans le projet d'implantation de GNSS en Afrique

## Références bibliographiques et Liens Internet

- **The future Air Navigation System (FANS), VINCENT P.GALOTTI Jr (ICAO).**
- **Mémoire l'ASECNA et les systèmes CNS/ATM, DAB 2006.**
- **Indicateur mensuel du transport aérien, ID AERO, décembre 2005.**
- **Thèse optimisation des flux de trafic aérien par : David GIANAZZA.**
- **Automatisation de la gestion du trafic aérien en Europe par : (Nicolas BARNIER (Laboratoire d'Optimisation Globale (LOG), DTI-SDER (CENA) / ENAC).**
- **Automatisation du transport aérien (la lettre de l'Académie Nationale de l'Air et de l'Espace) N°48,2006.**
- **Next generation air traffic control automation par: A. S. Debelack, J. D. Dehn, L. L. Muchinsky,D. M. Smith.**
- **L'ATM : 20 ans d'effort et perspectives par : Jean-Marc Alliot et Dominique Colin de verdière (CENA).**
- **Automatisation du contrôle de la circulation aérienne « ERASMUS » par : Jacques VILLIERS.**
- **Rapport du colloque Transport aérien et développement durable les jeudi 1et vendredi 2 juin 2006.**
- **“Free Flight phase1 conflit probe operational description “, MITRE Technical report March 2000 par: Joseph C .Celio, Karen C.Bowen,David.J.Winokuv,Kenneth S.Lindsay ,Edwin.G.Newberger ,Doleres .Sicenavage.**
- **“Full AERA services Operational description “, MITRE Technical Report, September 1993 par: Dr .Bruce C. Wetherby, Joseph. C.Celio, Sonya.M.Kidman, Margret.A.Stanley.**
- **« ERATO » un système expert d'aide au contrôle du trafic aérien par : Marcel Leroux (ENAC), Jean –Marc Alliot (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse).**



- **SESAR - Naissance d'une nouvelle coopération européenne**  
« Un nouvel horizon pour le contrôle aérien », Sncta aiguilleurs du ciel N° 4 juillet 2006.
- **Info DSNA** (lettre mensuelle Direction des services de la navigation aérienne) N° 5-Juillet /Août 2005.
- **La fatigue chez les contrôleurs de la circulation aérienne,**  
(Recherche documentaire Transport Canada) Juillet 2002.
- **Article « Méthodes et outils pour évaluer l'impact des futurs systèmes ATC sur le travail des contrôleurs »,** (EUROCONTROL Experimental centre).
- **Appel a projets VANS valorisation des applications de la navigation par satellites,** Aspects Techniques, Marc JEANNOT (CNES Toulouse Service « Ingénierie Système Localisation/Navigation).
- **The European Dependence on US-GPS and the GALILEO Initiative.**
- **GALILEO, l'indépendance européenne pour le positionnement par satellite** par : Jaqueline Dousson (EPFL service informatique central).
- **Système européen de Radio Navigation par Satellite GALILEO** par : Patrick Bellouard.
- **EGNOS Status, performances and Planned Evolutions (2006-2010)** European Navigation Conference 2005 – Munich par: J. Ventura-Traveset , L. Gauthier , F. Toran 1. de Lesthievent, J.Y. Bedu.
- **The Transition from ESTB to EGNOS: Managing User Expectation** par : Dr Sally Basker, Mr Giorgio Solari, Galileo Interim Support Structure, Belgium, Dr Javier Ventura-Traveset, ESA EGNOS Project Office, France, Mr Cristoforo Montefusco, ESA EGNOS Project Office, France.
- **ESA News ESTB, vol 1.issue 3, December 2003.**
- **Operational Performance of the EGNOS AOC System for Civil Aviation** par: R. Farnworth, A. Watt, J.P. Dupont.

- **EGNOS Multi-modal Costs and Benefits**  
A study of the aviation case in ECAC (EOIG, DNA/STNA, DFS, ENAV, AENA, and NATS).
- **Interoperability Test Analysis between EGNOS and MSAS SBAS Systems** par :Jorge Nieto, Joaquín Cosmen, Ignacio García, GMV, S.A.Javier Ventura-Traveset, Isabel Neto, European Space Agency (ESA) Kazuaki Hoshinoo, ENRI Institute.
- **Les procédures APV EGNOS une réponse performante et sure au besoin de guidage verticale pour les approches** (Benoît Roturier DGAC, STNA).
- **Extension de la couverture D'EGNOS pour les opérations de navigation et de surveillance**, (Note présentée par la Suède), onzième conférence de navigation aérienne, Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003.
- **Provision of emergency communication messages through SBAS: The ESA ALIVE concept** par: A.R.Mathur, J.Ventura – Traveset, C.Montefusco, F.Toran, H.P.Plag, L.Ruiz, I.Stojkovic, And J.C.Levy.
- **ESA News (EGNOS) Volume 3, issue 1.**February 2003.
- **Premier complément GNSS étendu en Afrique, ONZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE**, Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003 (Note présentée par l'ASECNA).
- **Extension of EGNOS to the development of GNSS services in Africa** par: Vincent Gabaglio, Application section, GISS (Brussels5-6 December 2002).
- **Fiche de projet EURO-MEDITERRANEEN de navigation par satellite (GNSS).**
  - **Rapport groupe de travail EUROMED sur la navigation par satellite (GNSS)**,Troisième réunion, Bruxelles, 7 juillet 2003.

- **Rapport sur les statistiques de trafic aérien en Algérie, ENNA.**
- **Restructuration de l'espace aérien Algérien, thèse DAB,2005.**
- **Econométrie**
- **[www.enna.dz](http://www.enna.dz).**
- **[www.icao.int](http://www.icao.int).**
- **[www.asecna.org](http://www.asecna.org).**
- **<http://www.esa.int>**
- **<http://www.esa.int/esaNA/egnos.html>**
- **<http://www.eurocontrol.int>**
- **<http://www.mitrecaasd.org>**
- **<http://www.faa.gov>**
- **<http://www.jaa.nl>**
- **<http://www.ecac-ceac.org>**
- **<http://www.tls.cena.fr>**
- **<http://www.tc.gc.ca>**
- **<http://www.onera.fr>**
- **<http://www.cert.fr>**
- **<http://www.euromedtransport.org>**

**RNAV:** Area Navigation.

**RNP:** Required Navigation Performance –RNP 0.3, RNP1 et RNP 5 indiquent la précision requise en nautical miles.

**SBAS:** Satellite-Based Augmentation System (EGNOS, MSAS et WAAS).

**SID:** Standart Instrument Departure.

**SNAS:** Satellite Navigation Augmentation System.

**SMS:** Safety Management System.

**STAR:** Standart Arrival.

**TGL:** Temporary Guidance Leaflet.

**TRANEGNOS:** Extension de service EGNOS.

**WAAS:** Wide Area Augmentation System –le SBAS nord Américain.

**ABAS:** Aircraft –based Augmentation System.

**ADF:** Automatic Direction Finder.

**AENA:** Aeropertos espanoles y navegacion aérea – the ATS provider in Spain.

**AFI:** région OACI Afrique.

**AFS:** Service fixe aéronautique.

**AIP:** Aeronautical Information Publication.

**AMS:** Service mobile aéronautique.

**AMSS:** Aeronautical Mobile Satellite Service.

**AOC:** Advanced Operational Capability – phase initial exploitation EGNOS.

**AOPA:** Aircraft Owners and Pilots Association.

**APV:** Approach with Vertical guidance.

**ARINC:** Aeronautical Radio Incorporated – une société Américaine.

**Artemis:** Satellite de télécommunication de l’ESA portant un transpondeur de navigation pour EGNOS.

**ASECNA:** Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique.

**ASQF:** Application Specific Qualification Facility –partie d’EGNOS.

**ATC:** Air Traffic Control.

**ATLAS:** Air Traffic Land and Airborne Systems.

**ATM:** Air Traffic Management.

**ATN:** Aeronautical Télécommunications Network.

**ATS:** Air Traffic Services.

**BRNAV:** Basic Area Navigation.

**BaroVNAV:** Barometric Vertical NAVigation.

**CAP:** Circulation Aérienne Publique.

**CFIT:** Controlled Flight into Terrain.

**CFMU:** Central Flow Management Unit.

**CNS:** Communication, Navigation et Surveillance.

**CPDLC:** Communication contrôleur-pilote par liaison des données

**CRC:** Cyclic Redundancy Check.

**DAC:** Direction de l'Aviation Civile.

**DFS:** Deutsche Flugsicherung GmbH –the ATS provider in Germany.

**DGAC:** Direction Générale de l'Aviation Civile.

**DGPS:** GPS différentiel.

**DME:** Distance Measuring Equipment.

**DME-N:** Terme désignant DME Normal.

**DME-P:** DME de précision.

**DNA:** Direction de la navigation aérienne –ATS provider in France.

**ECAC:** European Civil Aviation Conference.

**ENAC:** Ecole nationale de l'Aviation Civile.

**ENAV:** Ente Nazionale Assistenza al Volo –the ATS provider in Italy.

**ENNA:** Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne – ATS provider in Algeria.

**EGNOS:** European Geostationary Navigation Overlay Service.

**EOIG:** EGNOS Operators and Infrastructure Group.

**ESA:** European Space Agency.

**ESTB:** EGNOS System Test Bed.

**ETG:** European Tripartite Group (EUROCONTROL, ESA, European Community).

**EWAN:** EGNOS Wide Area Network.

**FAA:** Federal Aviation Administration.

**FANS:** Future Air Navigation System.

**FIR:** Flight Information Region.

**FMS:** Flight Management System.

**FOC:** Full Operational Capability –phase finale exploitation EGNOS.

**FREER:** Free Route Experimental Encounter Resolution.

**GA:** General Aviation.

**GAGAN:** GPS And GEO Augmented Navigation.

**Galileo:** constellation de navigation par satellite européenne.

**GBAS:** Ground-Based Augmentation System.

**GCC:** GALILIEO Control Centre.

**GEO:** Geostationary-Orbit Satellite.

**GLONASS:** Global Navigation Satellite System (system satellitaire militaire Russe).

**GNSS:** Global Navigation Satellite System.

**GPS:** Global Positioning System.

**IOP:** Opération initiale.

**ILS:** Instrument Landing System.

**Inmarsat:** The International Maritime Satellite Organisation.

**JAA:** Joint Aviation Authorities.

**LNAV:** Lateral NAVigation.

**LNAV/VNAV:** Lateral and Vertical NAVigation.

**MASPS:** Minimum Aviation System Performance Standards.

**MCC:** Mission Control Centre –partie de system EGNOS.

**MDH:** Minimum Descent Altitude/Height.

**MLS:** Microwave Landing System.

**MMR :** Multi -Mode Receiver.

**MSAS:** MTSAT Satellite-Based Augmentation System -  
Système d'augmentation Japonais

**MTSAT:** Multi-functional Transport Satellite, le satellite Japonais  
portant le transpondeur de navigation de MSAS.

**NATS:** National Air Traffic Services-the ATS provider in the UK.

**NDB:** Non-Directional Beacon.

**NLES:** Navigation Land Earth Station – partie de system EGNOS.

**NPA:** Non-Precision Approach.

**NPAV:** Non-Precision Approach avec guidance Verticale.

**OCP:** Obstacle Clearance Panel groupe d'expert de l'OACI.

**PACF:** Performance Assessment and System Check-out.

**PANS OPS:** Procedures for Air Navigation Systems Operations.

**PAR:** Precision Approach Radar.

**PNNA:** Plan National de Navigation Aérienne.

**PRNAV:** Precision Area Navigation.

**RAIM:** Receiver Autonomous Integrity Monitoring.  
Ranging and Integrity Monitoring Station –partie de

**RIMS:** systeme EGNOS

**RLRS:** Reduced Lateral Route Spacing



**ANNEXE III : Exemple de procédure d'approche GNSS:**

CHARLESTON, SOUTH CAROLINA

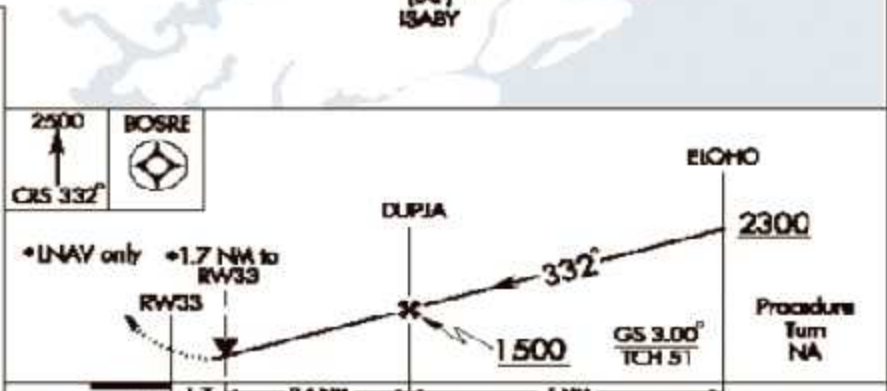
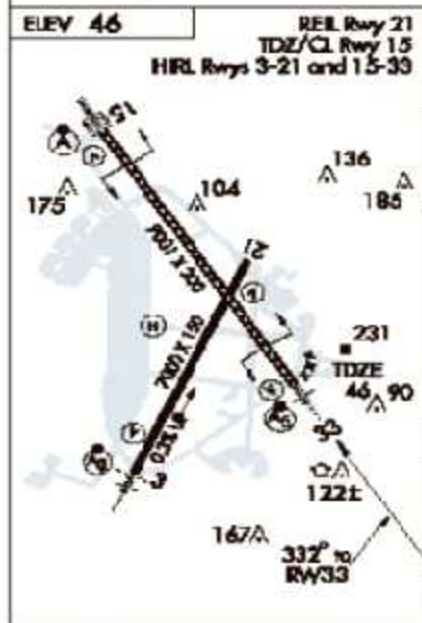
AL-76 (FAA)

WAAS 50000 W-CHS	APP CRS 332°	Rwy Idg TDZE Apt Elev	9001 46 48
------------------------	-----------------	-----------------------------	------------------

**RNAV (GPS) RWY 33**  
CHARLESTON AFB/ INTL (CHS)

GPS or RNP 0.3 Required. DME/DME RNP 0.3 NA. Base VNAV NA below -15°C (5°F). For inoperative MALSR increase LNAV/VNAV Cat E visibility to 1½ ASR and LNAV Cat A and B to RVR 5000, Cat E to 2.	MALSR	MISSED APPROACH: Climb to 2500 via 332° course to BOSRE WP and hold.
--	-------	--

ATIS 124.75	CHARLESTON APP CON 120.7 308.925	CHARLESTON TOWER 128.0 239.0	GND CON 121.9 348.6	CINC DEL 118.0 381.6
----------------	-------------------------------------	---------------------------------	------------------------	-------------------------



CATEGORY	A	B	C	D	E
LPV DA		296/40	250	{300 - M}	
LNAV/VNAV DA		500/50	454	{600-1}	
LNAV MDA	640/40	594 {600-M}	640/50 594 {600-1}	640/60 594 {600-1M}	640-1½ 594 {600-1M}
CIRCLING		640-1½ 594 {600-1½}		640-2 594 {600-2}	740-2½ 694 {700-2½}

CHARLESTON, SOUTH CAROLINA  
Orig 02024

32° 54' N - 80° 02' W

CHARLESTON AFB/ INTL (CHS)  
**RNAV (GPS) RWY 33**

## ANNEXES II: Les satellites :

# BEIDOU

## Beidou Navigation Test Satellite

### SATELLITES ACTUELLEMENT EN SERVICE

Internat	NORAD	DATE DE LANCEMENT	Dong Fang Hong	BEIDOU (BNTS)	POSITION ORBITALE
00069	26599	30 OCT 00	51	1	140° E
00082	26643	20 DEC 00	52	1B (ou 2)	80° E

Le système Beidou (Grande Ourse) proprement dit est constitué des 3 premiers satellites; le quatrième étant en secours. Il constitue officiellement le système **Compass Navigation Satellite System** . Dans la futur la Chine envisage de mettre en orbite son propre système de navigation et positionnement Beidou II composé de 25 satellites dont 4 géostationnaires.

**Dong Fang Hong (L'Orient est Rouge)** désigne depuis 1970 le principal programme spatial de la Chine. Le satellites lancés dans ce cadre portent le nom **Dong Fang Hong** suivi d'un numéro d'ordre : il s'agit de satellites expérimentaux, météorologiques, de communications, d'observation de la Terre, etc.



**Beidou (La Grande Ourse)**

## ANNEXES II: Les satellites :

# G P S

(Global Positioning System)

### SATELLITES DES BLOCS II / IIA / IIR ACTUELLEMENT EN SERVICE\*

### LA CONSTELLATION COMPREND 30 SATELLITES ACTIFS\*\*\*\*

Les satellites sont classés par ordre de lancement, sauf les SVN 38 et 43 pour maintenir l'unité des générations Bloc IIA et IIR

Internat	NORAD	USA nnn	NAVSTAR	ORDRE DE LANCEMENT			PRN	SVN	DATE DE LANCEMENT	HORLOGE REFERENCE	PLAN ORBITAL ET POSITION DANS LA CONSTELLATION						
				II-n	IIA-n	IIR-n											
90088	20930	64	21	II-9			15	15	01 OCT 90	Rb1					D5		
90103	20959	66	22	II-10			32	23	26 NOV 90	Rb2					E5		
91047	21552	71	23		IIA-11		24	24	04 JUL 91	Cs4					D6		
92009	21890	79	24		IIA-12		25	25	23 FEB 92	Rb1	A5						
92039	22014	83	26		IIA-14		26	26	07 JUL 92	Rb1							F2
92058	22108	84	27		IIA-15		27	27	09 SEP 92	Cs4	A4						
92079	22231	85	28		IIA-16		01	32	22 NOV 92	Cs3 **							F6
92089	22275	87	29		IIA-17		29	29	18 DEC 92	Cs3							F5
93032	22657	91	32		IIA-20		07	37	13 MAY 93	Rb1			C5				
93042	22700	92	33		IIA-21		09	39	26 JUN 93	Rb	A1						
93054	22779	94	34		IIA-22		05	35	30 AUG 93	Rb1		B5					
93068	22877	96	35		IIA-23		04	34	26 OCT 93	Rb1				D4			
94016	23027	100	36		IIA-24		06	36	10 MAR 94	Rb1			C1				
96019	23833	117	37		IIA-25		03	33	28 MAR 96	Cs4			C2				
96041	23953	126	38		IIA-26		10	40	16 JUL 96	Cs4					E3		
96056	24320	128	39		IIA-27		30	30	12 SEP 96	Cs3		B2					
97067	25030	134	44		IIA-28		08	38	06 NOV 97	Cs3	A3						

97035	24876	132	43		IIR-2	<b>13</b>	43	23 JUL 97	Rb1						F3
99055	25933	145	46		IIR-3	<b>11</b>	46	07 OCT 99	Rb1				D2		
00025	26360	150	47		IIR-4	<b>20</b>	51	11 MAI 00	Rb1					E1	
00040	26407	151	48		IIR-5	<b>28</b>	44	16 JUL 00	Rb2		B3				
00071	26605	154	49		IIR-6	<b>14</b>	41	10 NOV 00	Rb1						F1
01004	26690	156	50		IIR-7	<b>18</b>	54	30 JAN 01	Rb1					E4	
03005	27663	166	51		IIR-8	<b>16</b>	56	29 JAN 03	Rb3		B1				
03010	27704	168	52		IIR-9	<b>21</b>	45	31 MAR 03	Rb3				D3		
03058	28129	175	53		IIR-10	<b>22</b>	47	21 DEC 03	Rb3					E2	
04009	28190	177	54		IIR-11	<b>19</b>	59	20 MAR 04	Rb3			C3			
04023	28361	178	55		IIR-12	<b>23</b>	60	23 JUN 04	Rb2						F4
04045	28474	180	56		IIR-13	<b>02</b>	61	06 NOV 04	Rb3				D1		
05038	28874	183	57		IIR-14 /M1	<b>17***</b>	53	26 SEP 05	Rb3			C4			
06042	29486	190	58		IIR-15 /M2	<b>31</b>	52	25 SEP 06	Rb3	A2					
2	29601	192	59		IIR-16 /M3	<b>12</b>	58	17 NOV 06	Rb3		B4				

\* : Les satellites des générations II et IIA sont dotés de 4 oscillateurs atomiques (appelées plus couramment horloges) : deux au césium (Cs3 et Cs4) et deux au rubidium (Rb1 et Rb2). Les satellites de la génération IIR ont 3 oscillateurs atomiques au rubidium (Rb1, Rb2 et Rb3). A un moment donné seule une des horloges pilote les systèmes du satellite. Au fur et à mesure que les horloges ne remplissent plus leur fonction (épuisement du césium, dérive excessive, panne,...) elles sont remplacées par une horloge disponible jusqu'à...la dernière, après quoi le satellite est mis hors service pour le positionnement ("decommissioned"; plus exactement il n'est plus accessible aux utilisateurs).

Actuellement plus des 2/3 des satellites actifs sont pilotés par des oscillateurs au rubidium. La future génération IIF des satellites GPS auront 3 césium et 1 rubidium.

\*\* : dernière horloge disponible.

\*\*\* : premier satellite émettant le code C/A sur la fréquence militaire L2 (fréquence dite L2CS) et un nouveau code (M-code) sur la fréquence militaire (tests démarrés le 12 septembre 2006)

\*\*\*\* - le SVN 15 (PRN 15) est désormais un satellite de test; il ne fait pas partie de la constellation ([NANU 2006150](#))  
: - le satellite SVN 23, retiré du service en 2004, émet à nouveau avec le PRN 32, tout en étant inutilisable par les utilisateurs. Il sera réellement actif vers le 10 janvier 2007 ; mais il ne fait ni ne fera partie de la constellation ([NANU 2006155](#))

Note - le satellite Navstar 5 du Bloc I, lancé en 1980, est toujours sur une orbite typique des GPS (période de 11h 58 min) , mais inclinée à 63°  
- il en est de même du Bloc II Navstar 25 (IIA-13 / SVN 28)



Les satellites GPS, comme les autres satellites, peuvent être désignés et identifiés par différents noms, abréviations ou nombres. Prenons par exemple le satellite lancé en mars 2003.

DESIGNATION	APPELATION	COMMENTAIRE
<b>Internationale</b>	03010	agit du <b>10<sup>ème</sup></b> <a href="#">lancement</a> de l'année <b>2003</b>
<b>NORAD</b>	27704	C'est le <b>27704<sup>ème</sup></b> objet catalogué et suivi par le <a href="#">NORAD</a>
<b>USA nnn</b>	168	Depuis 1984 le DoD désigne les satellites militaires lancé par les USA sous l'appellation générique <a href="#">USA-nnn</a> : ici il s'agit du <b>168<sup>ème</sup></b> de la série
<b>NAVSTAR</b>	52	C'est le <b>52<sup>ème</sup></b> lancement du programme <a href="#">NAVSTAR/GPS</a> depuis l'origine
<b>ORDRE DE LANCEMENT II-n IIA-n IIR-n</b>	IIR-9	Il s'agit du <b>9<sup>ème</sup></b> satellite du Bloc II R (génération suivant les Bloc IIA, Bloc II et Bloc I)
<b>SVN</b>	45	C'est le <b>45<sup>ème</sup></b> satellite construit (les satellites ne sont pas assemblés en vue dun lancement; il existe un "stock" de satellites)
<b>PRN</b>	21	Il transmet le PRN <b>21</b> (code C/A)
<b>Position dans la constellation</b>	D3	Position N°3 dans le plan D

Donc, en fin de compte, les six premières désignations sont propres au satellite et chacune permet de l'identifier de façon unique et redondante mais sans ambiguïté. Tandis que la dernière, le **PRN**, lui est attribué pendant le temps où il est actif. Quand il sera mis hors service ce PRN sera attribué à un autre satellite. En pratique pour l'utilisateur c'est le seul numéro qui compte : c'est par exemple le numéro qui s'affiche sur l'écran d'un récepteur pour indiquer les satellites en vue de l'antenne. Par exemple le PRN 02 qui avait été attribué durant 15 ans au SVN 13 lancé 10 juin 1989 (!) est maintenant attribué au SVN 61 lancé le 6 novembre 2004. La position orbitale est aussi un paramètre susceptible d'être modifié durant la vie du satellite : il peut changer de place dans son plan orbital pour tenir compte d'une panne ou de l'indisponibilité prolongée d'un autre satellite (mais il ne peut pas changer de plan).

Il peut y avoir au maximum 32 satellites actifs simultanément dans la constellation . Il y en a actuellement 30.

## **Annexes IV NOTAM GNSS :**

### **NOTAM GNSS :**

#### **1- INTRODUCTION :**

Le système global de navigation par satellite (GNSS) permet la mise en oeuvre de la navigation de surface (RNAV) dans les phases en route, en région de contrôle terminale et en approche.

Le GNSS est basé sur l'utilisation possible de 2 constellations de base, GPS et GLONASS, ainsi que de 3 systèmes de renforcement :

- 1) ABAS: Système de renforcement embarqué,
- 2) GBAS: Système de renforcement au sol,
- 3) SBAS: Système de renforcement satellitaire.

Dans La FIR/UIR Tunis, l'utilisation de la constellation GPS renforcée par un service d'intégrité interne au système de navigation de bord, de type ABAS, constitue le cadre d'utilisation des procédures d'approche RNAV (GNSS) de non précision. Cette AIC a pour objet de décrire les NOTAM GNSS mis à disposition des exploitants par le service d'information aéronautique en vue de la préparation des vols à destination des aéroports tunisiens dotés de telles procédures.

#### **2- FONCTION RAIM (RECEIVER AUTONOMOUS INTEGRITY MONITORING)**

Le système GNSS/ABAS est affecté par des limitations liées au nombre de satellites de la constellation en vue ou en fonctionnement correct.

La fonction RAIM permet de vérifier l'état des signaux reçus des constellations de satellites. Elle émet une alerte indiquant la possibilité d'une erreur de position inacceptable quand elle détecte une incohérence dans l'ensemble de mesures de distances transmises par les satellites. Cette fonction est indisponible lorsque le nombre de satellites reçus est insuffisant ou leur géométrie défavorable.

#### **3- PRÉPARATION DE VOL :**

Lors de la préparation d'un vol à destination d'un aéroport tunisien doté d'une procédure RNAV GNSS, la disponibilité de la fonction RAIM (ou algorithme équivalent) doit



être vérifiée par l'exploitant (RAIM disponible 15 min avant l'ETA (Estimated Time of Arrival) et jusqu'à 15 min après l'ETA). Il peut utiliser pour cela:

- soit l'outil de prévision de l'équipement de bord ou un logiciel identique. Dans ce cas, les informations sur l'éventuelle indisponibilité de satellites doivent être rentrées dans le programme prédictif de cet équipement ou de ce I Ces informations sont données par les NOTAM relatifs à l'état de la constellation GPS

- soit les prévisions calculées par des logiciels ou outils disponibles sur Internet, tel Augur, développé par Eurocontrol Les prévisions sont proposées pour les équipements dotés d'hybridation barométriques ou non(\*)).

- soit les prévisions contenues dans les NOTAM RAIM élaborés par le service d'information aéronautique tunisien . Ces NOTAM RAIM sont disponibles pour les équipements avec ou sans hybridation barométrique.

En cas d'indisponibilité prévue du RAIM ou, plus générale, du GNSS, l'équipage de conduite est supposé utiliser d'autres moyens de navigation, choisir une autre destination ou retarder le vol.

*(\*) « Afin de déterminer quel type de prédictions utilisés, prédictions avec hybridation barométrique ("baro-aided)" ou sans hybridation barométrique ("non baro-aided)", il faut savoir si une entrée d'altitude barométrique alimente l'installation de bord concernée ou non.*

*La disponibilité du RAIM nécessite la réception d'un nombre minimum de satellites. L'hybridation barométrique permet de réduire ce nombre d'une unité»*

#### **4- NOTAM relatifs à l'état de fonctionnement des satellites de la constellation**

##### **GPS :**

Ils sont émis par l'U.S Coast Guard Station, Washington DC (indicateur OACI : KNMH).

Ils peuvent être obtenus :

- par interrogation directe de la banque de données des USA, via le RSFTA, en utilisant le format de message de service suivant :

**SVC RQ INT LOC=KNMH adressé à KDZZNAXX .**

- sur demande du bulletin d'information pré-vol (PIB) aux bureaux d'information aéronautique des aérodomes

tunisiens.

**5- NOTAM concernant la disponibilité de la fonction de contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM) :**

Ces NOTAM sont émis pour chaque aérodom tunisien doté d'une procédure RNAV (GNSS) dès qu'une

indisponibilité de la fonction de contrôle autonome de l'intégrité (RAIM) est prévue dans les 24 heures à venir. Ces NOTAM de prévisions sont élaborés pour les systèmes avec ou sans hybridation barométrique.

Le SIA Tunisie n'émet pas de NOTAM pour les indisponibilités prévues inférieures à 5 minutes.

L'angle de masquage considéré pour les prévisions est de 5 degrés.

Les NOTAM (GNSS) sont émis toutes les 24 heures, avant 07:00 UTC pour chaque aérodom concerné

**Exemple de NOTAM :**

pour les indisponibilités suivantes de la fonction RAIM à Tunis Carthage :

Le 02 juin 2006 de 05H00 à 10H00

Le 02 juin 2006 de 21H30 à 22H45

(Axxxx/06 NOTAMN

Q) DTTC/QGALS/I/NBO/A/000/999/3651N01014E030

A) DTTA B) 0606020700 C) 0606030659

E) BARO AIDED RAIM OUTAGES

02/06/06 05:00:00 UNTIL 10:00:00

NON BARO AIDED RAIM OUTAGES

02/06/06 21:30:00 UNTIL 22:45:00)

**NB:** En cas d'impossibilité de recueillir des informations concernant l'indisponibilité de la fonction de contrôle autonome de l'intégrité (RAIM), le SIA Tunisie émet un NOTAM pour annoncer cette impossibilité.

Dès que les informations sont disponibles, le SIA Tunisie émet les NOTAM relatifs au RAIM.

Ces NOTAM peuvent être obtenus, d'après les prévisions de l'outil AUGUR d'Eurocontrol.

### **6- Pendant le vol**

Durant le vol, l'utilisation effective de la procédure RNAV devra être basée sur les informations de disponibilité du signal GPS constatées à bord, en temps réel, indépendamment des prédictions RAIM fournies lors de la préparation du vol.

### **7- Date d'entrée en vigueur**

Les dispositions de la présente circulaire entrent en vigueur à compter du 01 août 2006

## ANNEXES II: Les satellites :

# SBAS

Satellite-Based Augmentation Systems

## SATELLITES GEOSTATIONNAIRES ACTUELLEMENT EN SERVICE

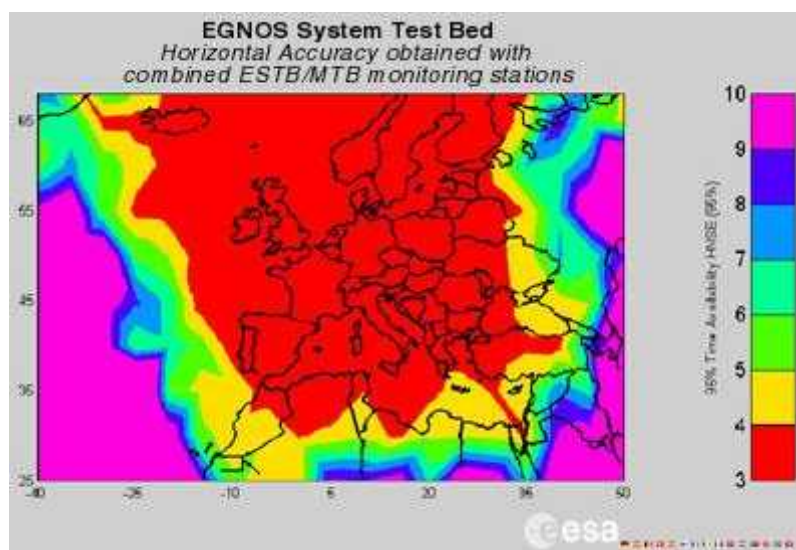
Les satellites d'un système sont présentés par ordre croissant de PRN

### EGNOS (Europe)

Internat	NORAD	DATE DE LANCEMENT	NOM	NOM SBAS	PRN	PRN GPS Equivalent*	POSITION ORBITALE
96053	24307	06 SEP 96	INMARSAT-3-F2	AOR-E	120	33	15,5 W
01029	26863	12 JUL 01	ARTEMIS		124	37	21,5 E
98006	25153	04 FEV 98	INMARSAT-3-F5	IOR-W	126	39	25 E

Note :

- les émissions ESTB du satellite Inmarsat-3 F1 IOR-E (PRN 131/44 ; 64°E) ont été arrêtées le 27 mai 2005
- AOR-E et IOR-W sont utilisés pour l'"EGNOS Initial Operations" depuis juin et juillet 2006



## WAAS (Etats-Unis)

97027	24819	03 JUN 97	INMARSAT-3-F4	AOR-W	122	35	142 W
05036	28868	08 SEP 05	ANIK F1R	Telesat	138	51	107,3 W
96070	24674	18 DEC 96	INMARSAT-3-F3	POR	134	47	178 E
05041	28884	13 OCT 05	GALAXY 15	PanAm	135	48	133 W

Notes :

- INMARSAT-4-F2 (PRN 121/34 ; 53°W) n'est plus en service pour WAAS
- Galaxy 15 est entré en service le 10 novembre 2006
- Anik F1R entrera en service au printemps 2007

## MSAS (Japon)

05006	28622	26 FEV 05	HIMAWARI 6	MTSAT-1R	129	42	140 E
06004	28937	18 FEV 06	HIMAWARI 7	MTSAT-2	137	50	145 E

Note : toujours en test

## COMPASS (Chine)

**(système autonome mais doit également apporter une fonction SBAS pour GPS désignée par SNAS)**

00069	26599	30 OCT 00	BEIDOU 1				140 E
00082	26643	20 DEC 00	BEIDOU 1B				180 E
03021	27813	25 MAI 03	BEIDOU 1C				110 E
07003	30323	02 FEB 07	BEIDOU 1D				échec ??

## GAGAN (Inde)

		2007	GSAT-4		127	40	82 E
					128	41	55 E

\* : C'est sous ce numéro PRN que les satellites apparaissent sur les récepteurs GPS compatibles SBAS. La relation est : PRN GPS = PRN - 87

\*\* : PRN attribués : 130 : Inmarsat 4 F1 (63°E) - 133 : Inmarsat 4 F3 - 136 : Inmarsat Reserved (8°E)

\*\*\* : PRN non encore attribués : 123, 125, 132, 135 et de 139 à 158

AOR: Atlantic Ocean Region

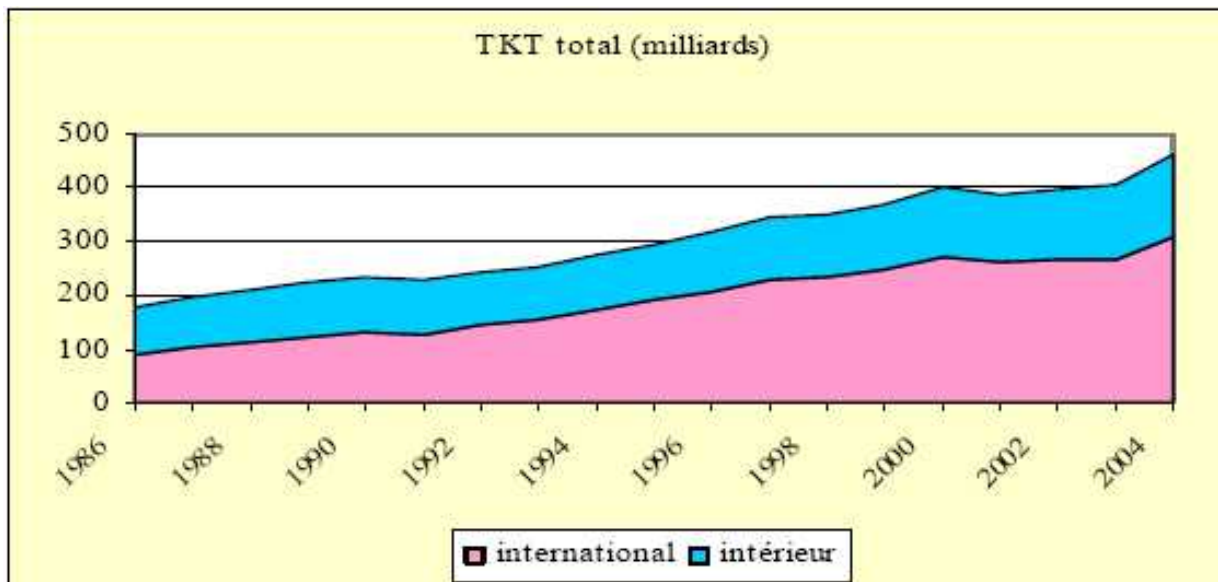
IOR: Indian Ocean Region (abrégé parfois en IND)

POR : Pacific Ocean Region

## Le trafic aérien régulier mondial :

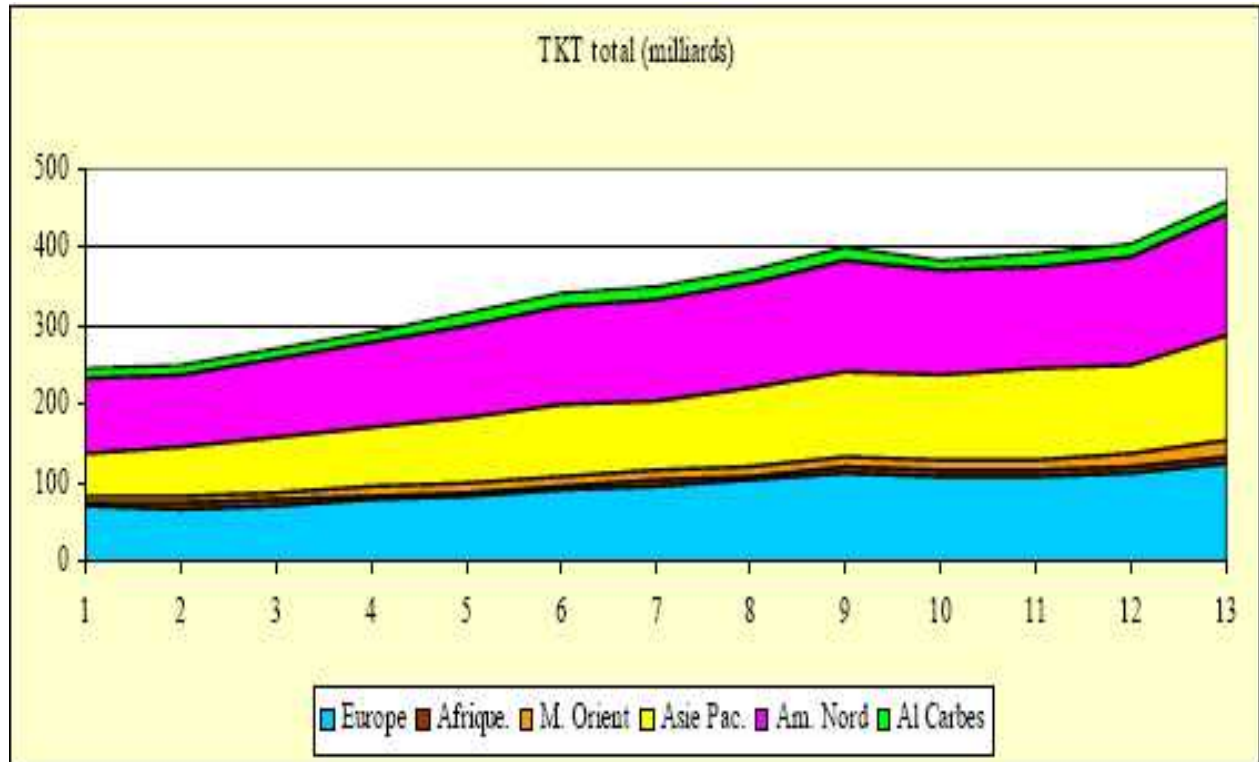
### Répartition intérieur/international :

année	TKT total (milliards)		
	international	intérieur	total
1986	90	89	179
1987	102	94	196
1988	113	99	212
1989	123	100	223
1990	131	104	235
1991	128	102	231
1992	144	99	242
1993	155	95	251
1994	173	100	273
1995	189	105	294
1996	207	110	317
1997	227	117	344
1998	231	117	349
1999	248	123	370
2000	273	131	404
2001	261	127	388
2002	267	130	397
2003	268	139	408
2004	306	154	460



## Répartition par zones géographiques :

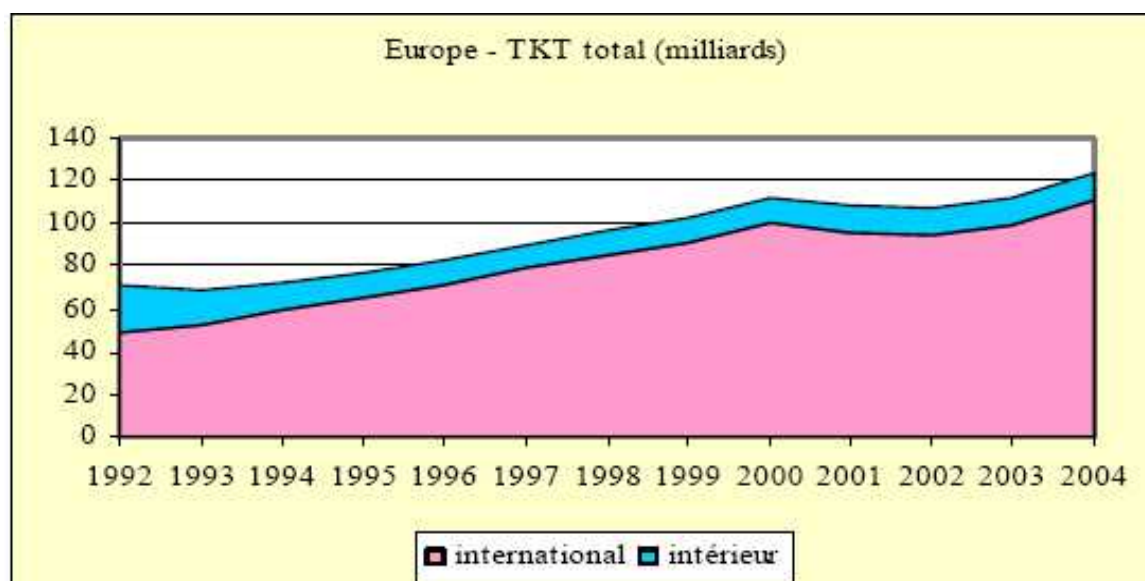
année	trafic total - TKT fret (milliards)					
	Europe	Afrique.	M. Orient	Asie Pac.	Am. Nord	Al Carbes
1992	20	1	3	18	17	3
1993	20	1	3	22	18	3
1994	23	2	3	25	21	4
1995	25	2	4	28	22	4
1996	26	1	4	31	23	4
1997	27	2	4	35	27	4
1998	30	1	4	35	27	5
1999	31	2	4	38	29	4
2000	35	2	5	40	32	4
2001	33	2	5	38	30	4
2002	33	2	5	42	31	4
2003	34	2	6	43	36	4
2004	37	2	8	50	39	5





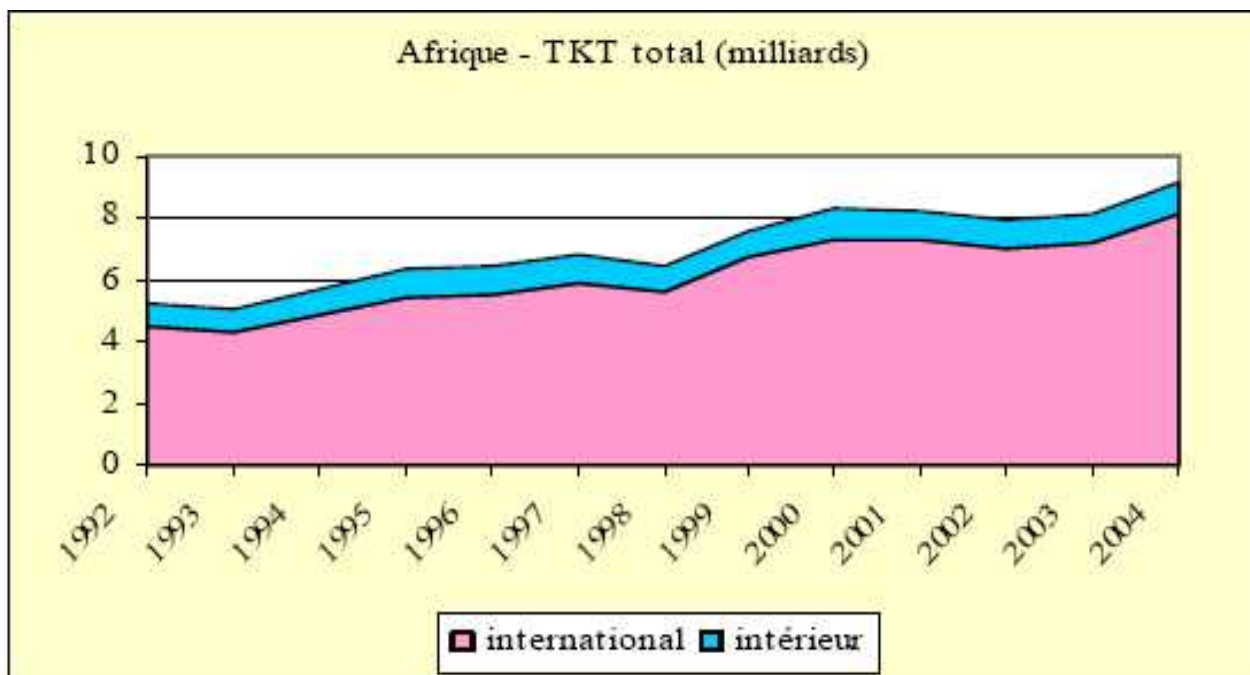
## Europe :

année	TKT total (milliards)	
	international	intérieur
1992	49	22
1993	53	16
1994	60	13
1995	65	12
1996	71	12
1997	79	11
1998	85	12
1999	91	12
2000	100	12
2001	96	13
2002	94	12
2003	99	13
2004	111	13

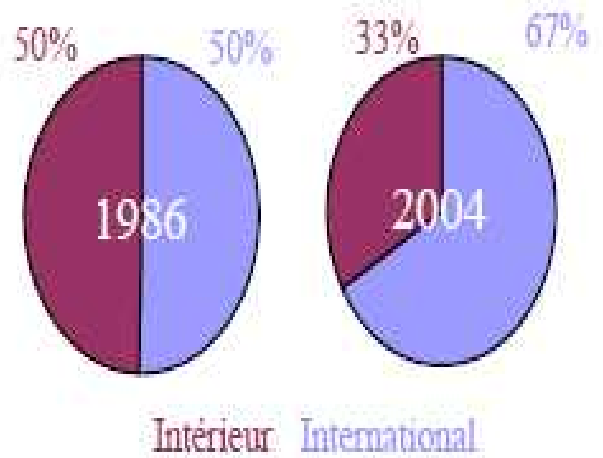
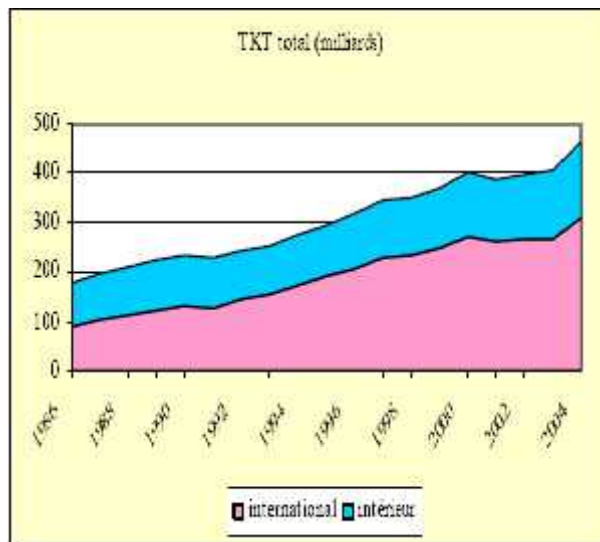


Afrique :

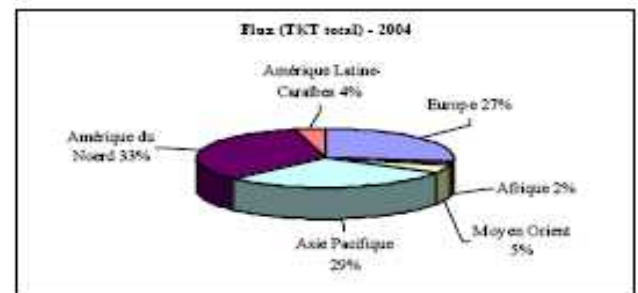
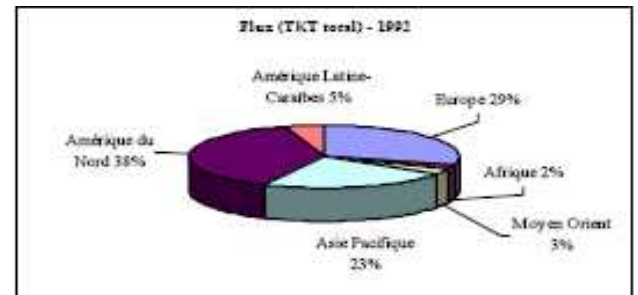
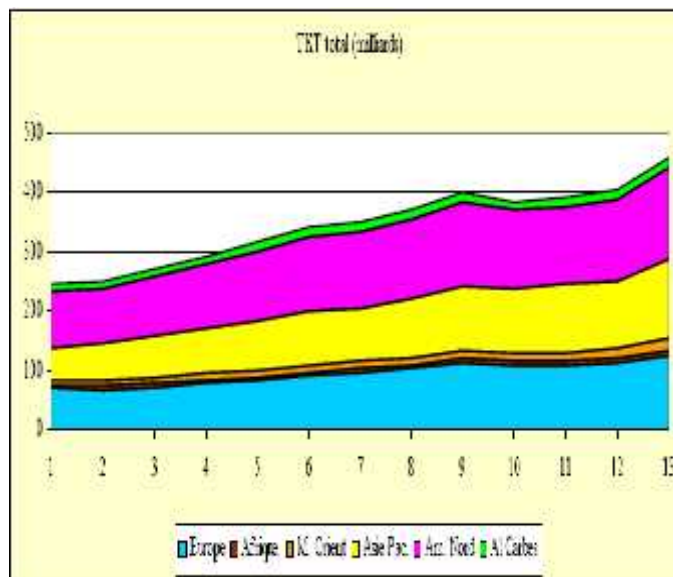
année	TKT total (milliards)	
	international	intérieur
1992	4	1
1993	4	1
1994	5	1
1995	5	1
1996	5	1
1997	6	1
1998	6	1
1999	7	1
2000	7	1
2001	7	1
2002	7	1
2003	7	1
2004	8	1



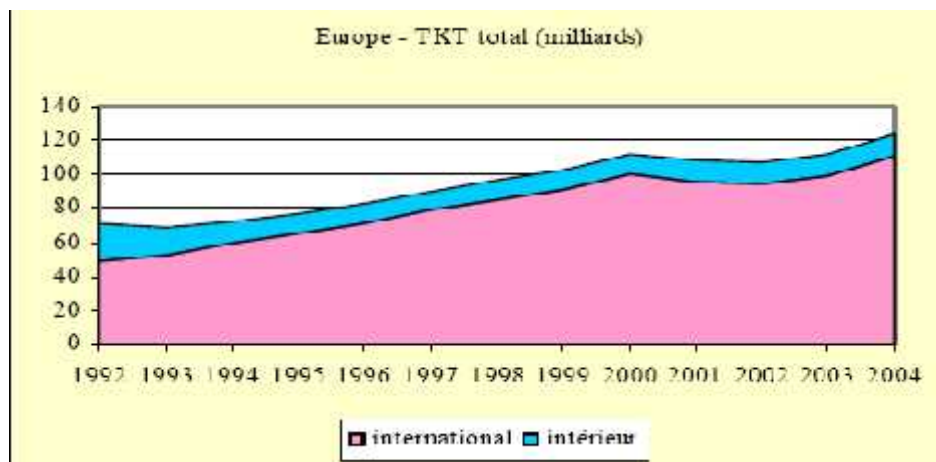
## Evolution de trafic aérien mondial (national/international)



## Evolution de trafic aérien mondial par zones géographique :



## Trafic aérien Européen :

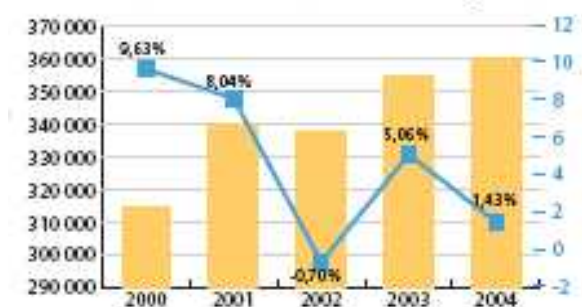


Le trafic aérien de l'UE s'établit en 2004 à 884 millions de passagers. Il progresse de 8,9%, dont +14% en moyenne pour les dix nouveaux pays de l'UE. Suite à ces taux de croissance élevés l'espace aérien européen est un espace aérien considéré en quasi saturation comme l'indiquent clairement les rapports de la Performance Review Commission d'Eurocontrol que le système de gestion du trafic, dans sa conception actuelle, est structurellement saturé. A titre d'exemple, une augmentation d'un peu plus de six pour cent du trafic en 1999 s'est traduite par soixante-huit pour cent d'augmentation des retards dus à l'ATFM en-route.

## En Afrique (espace ASECNA):

Comme le définit l'OACI, le trafic aérien en route est comptabilisé par le nombre de vols d'aéronefs réalisé au niveau des régions de contrôle et d'information en vol. Globalement, le trafic aérien en route enregistré au niveau des FIRs et TMA's ASECNA connaît une croissance moyenne de 3,4% par an de 2000 à 2004. L'an 2004 est marqué par un ralentissement de la croissance du trafic en route global. Cependant,

Evolution annuelle du trafic en route globale



Année	Nbre de vols	Croissance
2000	314 755	9,6%
2001	340 064	8,0%
2002	337 692	-0,7%
2003	354 774	5,1%
2004	359 840	1,4%

l'accroissement du seul trafic en FIR, assiette de la facturation de survol, est de 4,5% et même 10% hors la FIR de Brazzaville. Ces deux derniers taux, joints au relèvement des tarifs, expliquent la nette croissance des redevances en 2004.

### **Analyse de l'évolution du trafic aérien en route global de 2000 à 2004 :**

L'analyse du trafic aérien en route est faite par nature de trafic et par courant de trafic.

La caractérisation du trafic aérien en route par nature de trafic, c'est-à-dire par vols arrivées et départs (ARR/DEP)<sup>3</sup>, survols (SURVOL)<sup>4</sup> et survols purs (SURVOL pur)<sup>5</sup> fait apparaître en 2004 la situation suivante :

- 64% des vols représentent les ARR/DEP; ils portent sur l'activité des aéroports compris

dans les limites géographiques des FIR ou TMA.

- 36% des vols enregistrés concernent le SURVOL, c'est-à-dire les vols qui traversent

chaque FIR ou TMA concernée. Il convient de noter que ces proportions sont quasiment inversées pour les FIR N'Djamena et Niamey qui enregistrent un plus grand nombre de survols compte tenu de la structure des espaces et de l'activité aérienne des aéroports situés sur le territoire respectif de ces Etats.

### **Les principaux courants de trafic aérien :**

Trafic / courant	2000	2001	2002	2003	2004	03/02	04/03	Répart. 2003	Répart. 2004
Intra-Afrique	199 172	224 374	225 398	236 812	232 883	5,1%	-1,7%	66,8%	64,7%
Europe-Afrique	82 568	80 492	78 081	84 690	89 016	8,5%	5,1%	23,9%	24,7%
Amérique-Afrique	4 266	4 894	4 460	4 788	4 555	7,4%	-4,9%	1,3%	1,3%
Europe-Amérique	22 257	23 651	22 175	21 843	25 473	-1,5%	16,6%	6,2%	7,1%
Moyen Orient-Afrique	3 927	3 982	4 609	4 838	4 734	5,0%	-2,2%	1,4%	1,3%
Divers	2 565	2 671	2 969	1 803	3 179	-39,3%	76,3%	0,5%	0,9%
<b>Total</b>	<b>314 755</b>	<b>340 064</b>	<b>337 692</b>	<b>354 774</b>	<b>359 840</b>	<b>5,1%</b>	<b>1,4%</b>		

Segmentation du trafic en route global par courant :

L'analyse des résultats obtenus de 2000 à 2004 montre **l'importance majeure des échanges entre pays africains et des relations avec les pays européens, soit 89% du trafic ;**

- 7,1% du trafic intéresse les mouvements entre des pays européens et des pays américains, essentiellement de l'Amérique du Sud, contrôlés en FIR Dakar océanique.

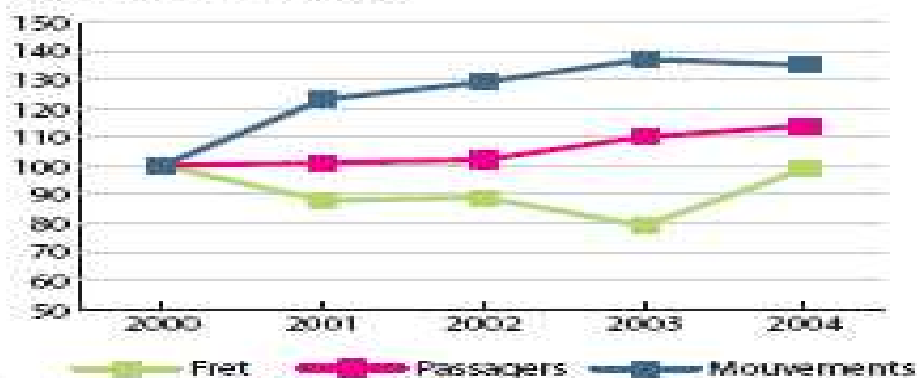
- L'évolution des courants de trafic en route en 2004 par rapport à 2003 fait apparaître une légère baisse du trafic intra africain et la hausse du trafic Afrique-Europe et surtout du trafic entre l'Europe et l'Amérique (FIR Dakar avec par contre un repli du trafic Afrique-amérique et Afrique-orient.

### **Evolution des trafics d'aéroport (mouvements commerciaux, passagers et fret) :**

De 2000 à 2004, l'évolution des principaux indicateurs du trafic aérien est assez irrégulière. Les nombres de mouvements et passagers restent, sur la période, relativement supérieurs à ceux de l'entame de celle-ci. Tandis que le fret est en régression et reste bien en dessous de son niveau de 2000. Ainsi, les croissances annuelles moyennes sur la période de référence des mouvements, passagers et fret sont respectivement de 7,8%, 3,3% et -2,1%. Cette évolution s'explique notamment par la crise qu'a connu le secteur aéronautique en 2001 et 2002.

En 2004, les chargements d'avions (passagers et fret) augmentent alors que les mouvements diminuent.

*Evolution du trafic aérien à l'ASECNA  
Indice base 100 : 2000*



## En Algérie :

TRAFIC ROUTE	2004	2005	Var en %
SURVOLS AVEC ESCALE	<b>100 340</b>	<b>97 216</b>	<b>-3,1</b>
NATIONAL	60 388	56 550	-6,4
INTTERNATIONAL	39 952	40 666	1,8
SURVOL SANS ESCALE	<b>41 425</b>	<b>44 964</b>	<b>8,5</b>
TOTAUX	<b>141 765</b>	<b>142 180</b>	<b>0,3</b>

Aérodromes	2004	2005	Var en %
Mouvements Commerciaux	<b>91 852</b>	<b>89 473</b>	<b>-2,6</b>
Nationaux	58 531	55 526	-5,1
Internationaux	33 321	33 947	1,9
Mouvements non commerciaux	<b>62 546</b>	<b>58 264</b>	<b>-6,8</b>
TOTAUX	<b>154 398</b>	<b>147 737</b>	<b>-4,3</b>





# ANNEXES V : TABLEAU DES CHANGEMENTS EN INFRASTRUCTURES EN EUROPE :

*EGNOS Multi-modal Costs and Benefits  
A study of the aviation case in ECAC*

## Timing of Infrastructure Changes

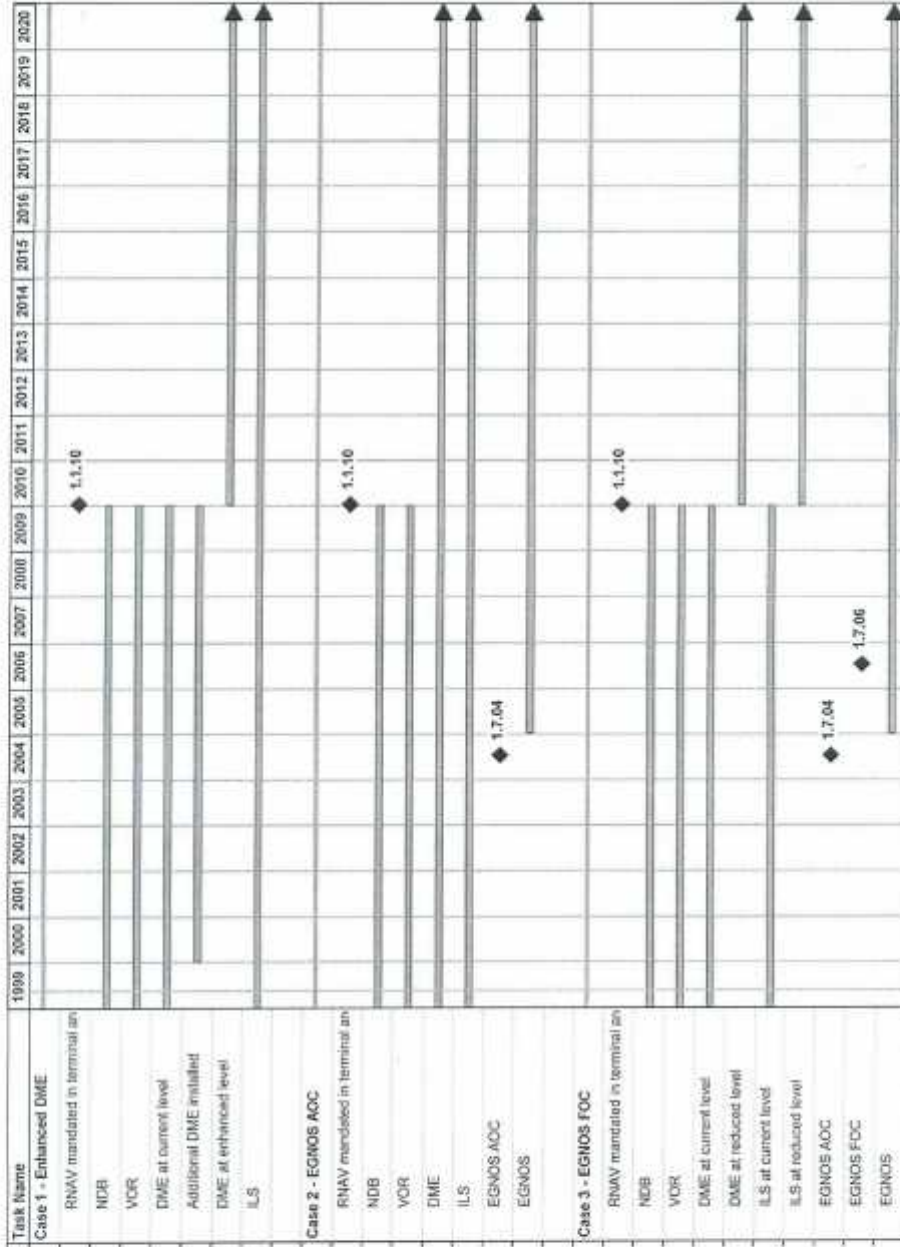
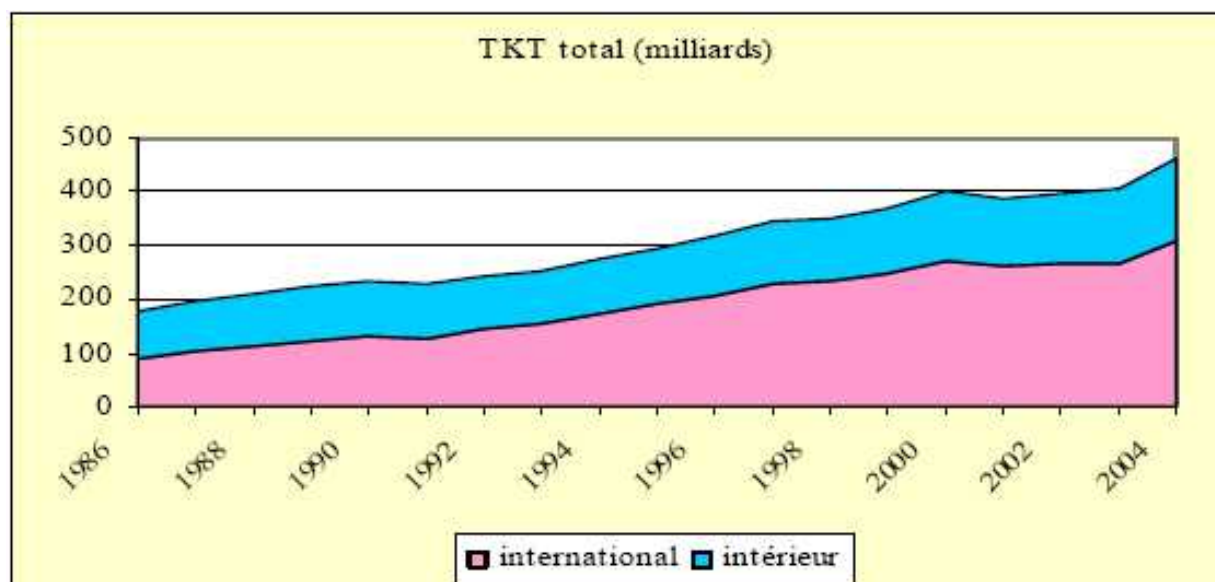


Figure 1: Timing of Infrastructure Changes

**ANNEXE I : Statistiques de trafic :**  
**Le trafic aérien régulier mondial :**

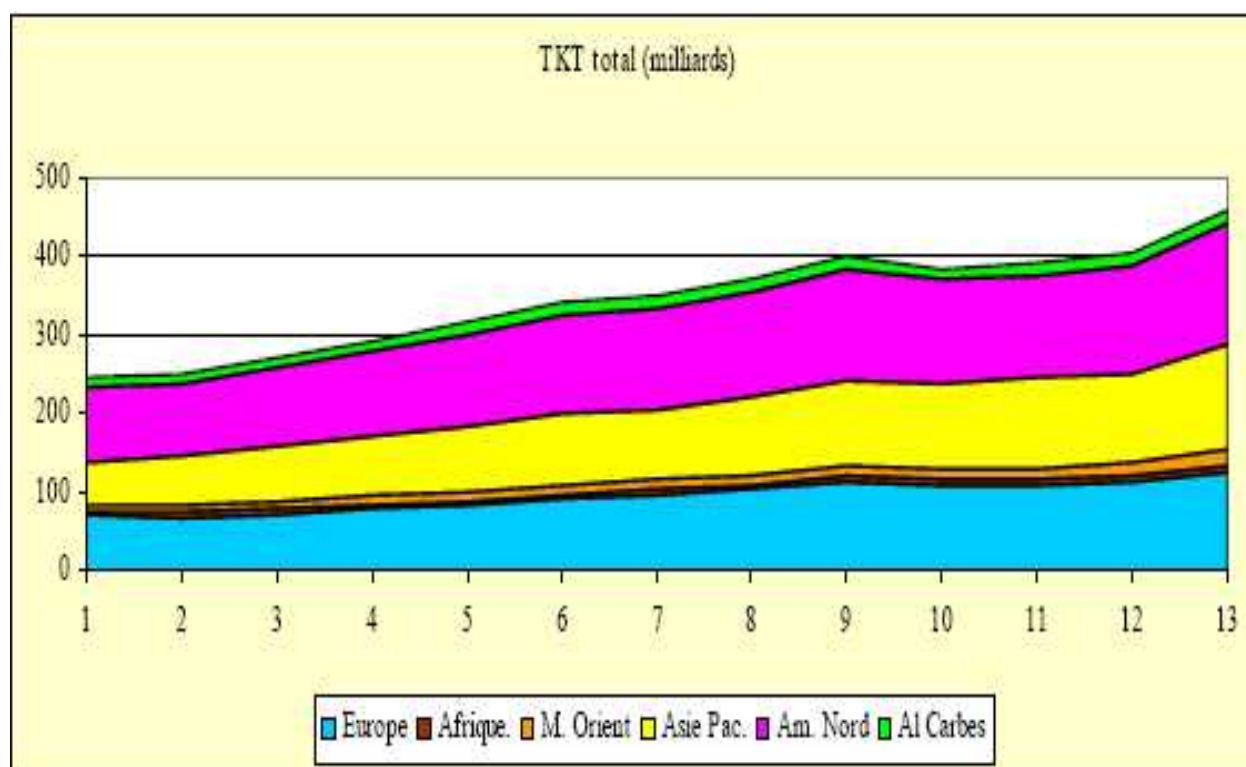
**Répartition intérieur/international :**

année	TKT total (milliards)		
	international	intérieur	total
1986	90	89	179
1987	102	94	196
1988	113	99	212
1989	123	100	223
1990	131	104	235
1991	128	102	231
1992	144	99	242
1993	155	95	251
1994	173	100	273
1995	189	105	294
1996	207	110	317
1997	227	117	344
1998	231	117	349
1999	248	123	370
2000	273	131	404
2001	261	127	388
2002	267	130	397
2003	268	139	408
2004	306	154	460



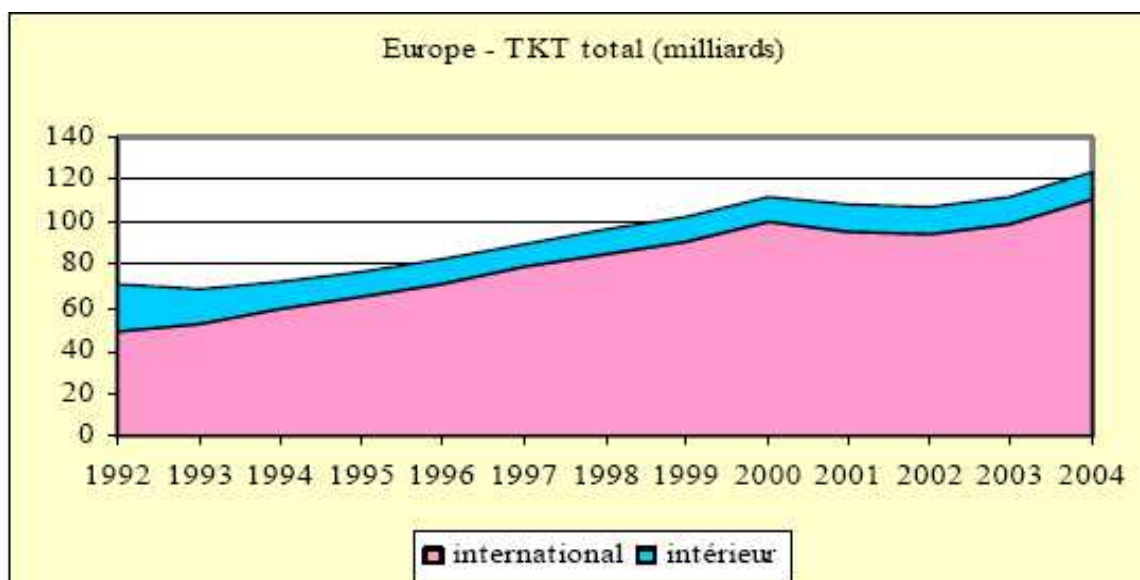
## Répartition par zones géographiques :

année	trafic total - TKT fret (milliards)					
	Europe	Afrique.	M. Orient	Asie Pac.	Am. Nord	Al Carbes
1992	20	1	3	18	17	3
1993	20	1	3	22	18	3
1994	23	2	3	25	21	4
1995	25	2	4	28	22	4
1996	26	1	4	31	23	4
1997	27	2	4	35	27	4
1998	30	1	4	35	27	5
1999	31	2	4	38	29	4
2000	35	2	5	40	32	4
2001	33	2	5	38	30	4
2002	33	2	5	42	31	4
2003	34	2	6	43	36	4
2004	37	2	8	50	39	5



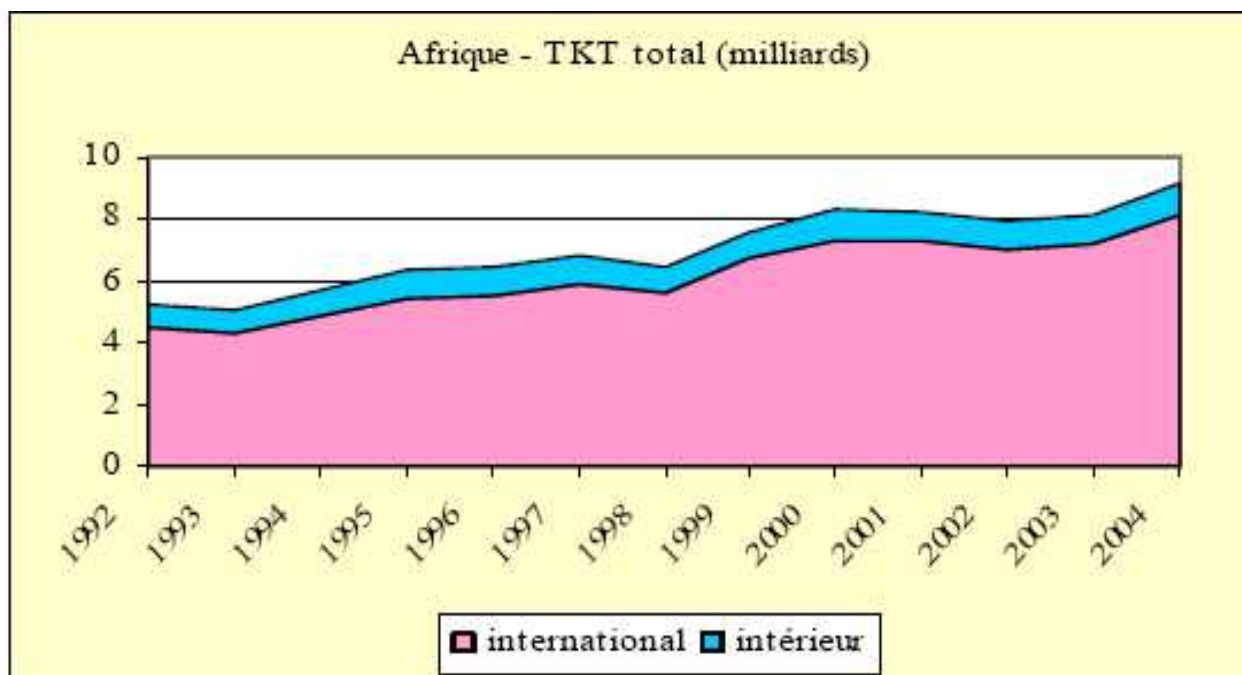
## Europe :

année	TKT total (milliards)	
	international	intérieur
1992	49	22
1993	53	16
1994	60	13
1995	65	12
1996	71	12
1997	79	11
1998	85	12
1999	91	12
2000	100	12
2001	96	13
2002	94	12
2003	99	13
2004	111	13

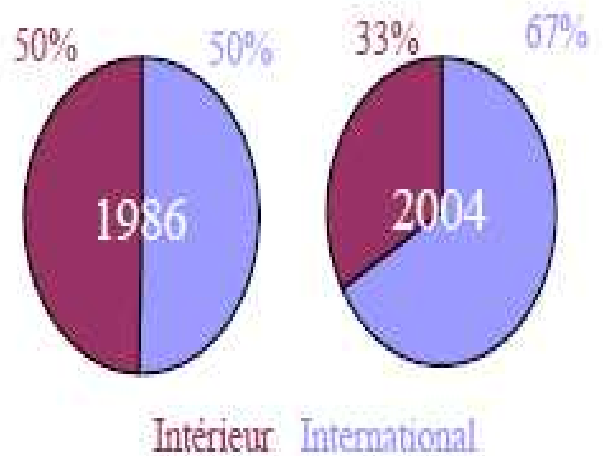
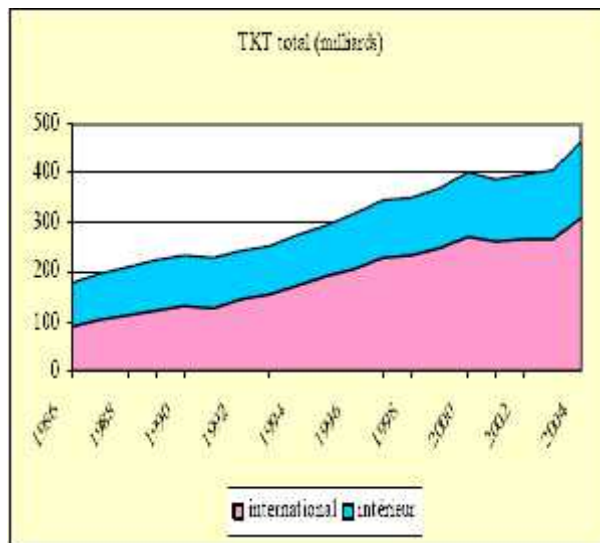


Afrique :

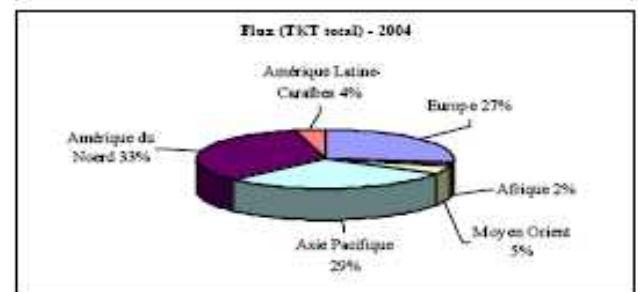
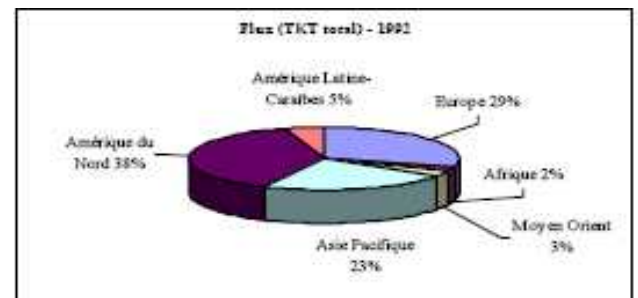
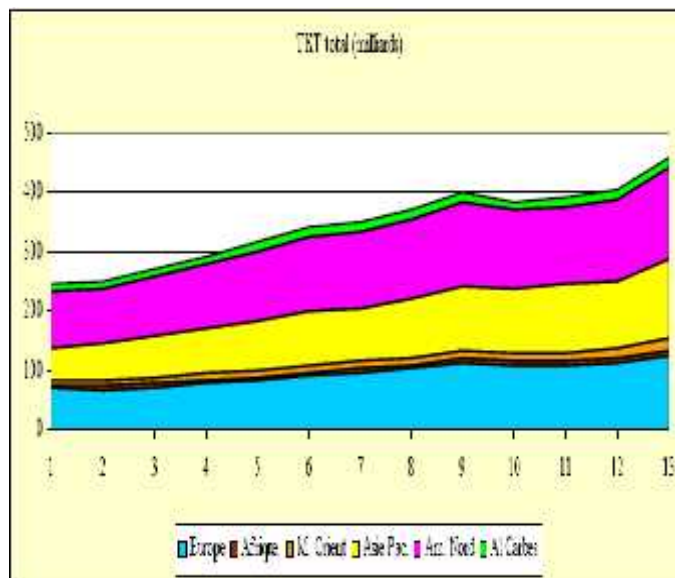
année	TKT total (milliards)	
	international	intérieur
1992	4	1
1993	4	1
1994	5	1
1995	5	1
1996	5	1
1997	6	1
1998	6	1
1999	7	1
2000	7	1
2001	7	1
2002	7	1
2003	7	1
2004	8	1



## Evolution de trafic aérien mondial (national/international)

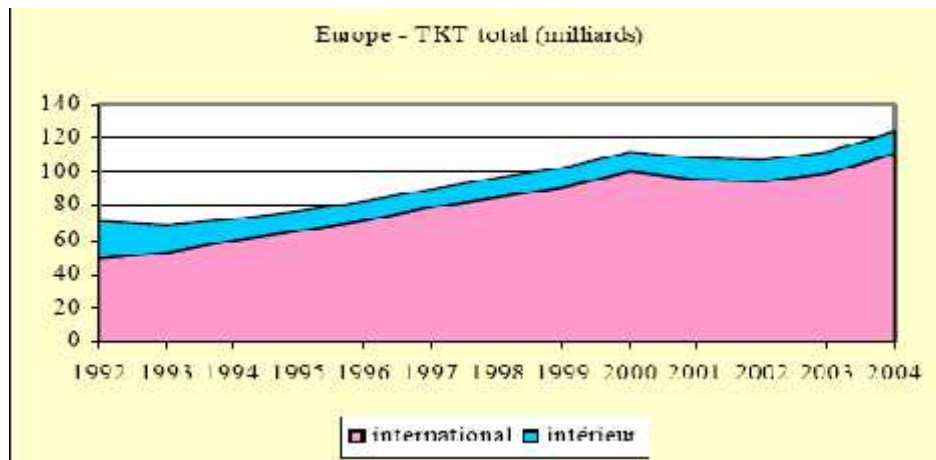


## Evolution de trafic aérien mondial par zones géographique :





## Trafic aérien Européen :

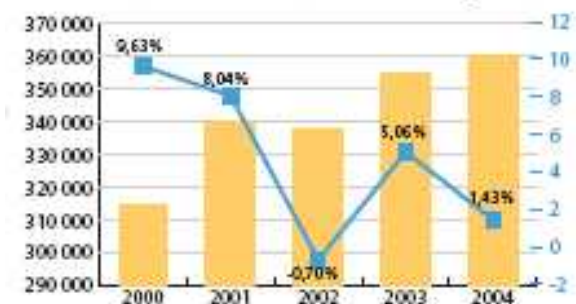


Le trafic aérien de l'UE s'établit en 2004 à 884 millions de passagers. Il progresse de 8,9%, dont +14% en moyenne pour les dix nouveaux pays de l'UE. Suite à ces taux de croissance élevés l'espace aérien européen est un espace aérien considéré en quasi saturation comme l'indiquent clairement les rapports de la Performance Review Commission d'Eurocontrol que le système de gestion du trafic, dans sa conception actuelle, est structurellement saturé. A titre d'exemple, une augmentation d'un peu plus de six pour cent du trafic en 1999 s'est traduite par soixante-huit pour cent d'augmentation des retards dus à l'ATFM en-route.

## En Afrique (espace ASECNA):

Comme le définit l'OACI, le trafic aérien en route est comptabilisé par le nombre de vols d'aéronefs réalisé au niveau des régions de contrôle et d'information en vol. Globalement, le trafic aérien en route enregistré au niveau des FIRS et TMAs ASECNA connaît une croissance moyenne de 3,4% par an de 2000 à 2004. L'an 2004 est marqué par un ralentissement de la

*Evolution annuelle du trafic en route globale*



Année	Nbre de vols	Croissance
2000	314 755	9,6%
2001	340 064	8,0%
2002	337 692	-0,7%
2003	354 774	5,1%
2004	359 840	1,4%

croissance du trafic en route global. Cependant, l'accroissement du seul trafic en FIR, assiette de la facturation de survol, est de 4,5% et même 10% hors la FIR de Brazzaville. Ces deux derniers taux, joints au relèvement des tarifs, expliquent la nette croissance des redevances en 2004.

### **Analyse de l'évolution du trafic aérien en route global de 2000 à 2004 :**

L'analyse du trafic aérien en route est faite par nature de trafic et par courant de trafic.

La caractérisation du trafic aérien en route par nature de trafic, c'est-à-dire par vols arrivées et départs (ARR/DEP)<sup>3</sup>, survols (SURVOL)<sup>4</sup> et survols purs (SURVOL pur)<sup>5</sup> fait apparaître en 2004 la situation suivante :

- 64% des vols représentent les ARR/DEP; ils portent sur l'activité des aéroports compris

dans les limites géographiques des FIR ou TMA.

- 36% des vols enregistrés concernent le SURVOL, c'est-à-dire les vols qui traversent

chaque FIR ou TMA concernée. Il convient de noter que ces proportions sont quasiment inversées pour les FIR N'Djamena et Niamey qui enregistrent un plus grand nombre de survols compte tenu de la structure des espaces et de l'activité aérienne des aéroports situés sur le territoire respectif de ces Etats.

### **Les principaux courants de trafic aérien :**

Trafic / courant	2000	2001	2002	2003	2004	03/02	04/03	Répart. 2003	Répart. 2004
Intra-Afrique	199 172	224 374	225 398	236 812	232 883	5,1%	-1,7%	66,8%	64,7%
Europe-Afrique	82 568	80 492	78 081	84 690	89 016	8,5%	5,1%	23,9%	24,7%
Amérique-Afrique	4 266	4 894	4 460	4 788	4 555	7,4%	-4,9%	1,3%	1,3%
Europe-Amérique	22 257	23 651	22 175	21 843	25 473	-1,5%	16,6%	6,2%	7,1%
Moyen Orient-Afrique	3 927	3 982	4 609	4 838	4 734	5,0%	-2,2%	1,4%	1,3%
Divers	2 565	2 671	2 969	1 803	3 179	-39,3%	76,3%	0,5%	0,9%
<b>Total</b>	<b>314 755</b>	<b>340 064</b>	<b>337 692</b>	<b>354 774</b>	<b>359 840</b>	<b>5,1%</b>	<b>1,4%</b>		



Segmentation du trafic en route global par courant :

L'analyse des résultats obtenus de 2000 à 2004 montre **l'importance majeure des échanges entre pays africains et des relations avec les pays européens, soit 89% du trafic ;**

- 7,1% du trafic intéresse les mouvements entre des pays européens et des pays américains, essentiellement de l'Amérique du Sud, contrôlés en FIR Dakar océanique.

- L'évolution des courants de trafic en route en 2004 par rapport à 2003 fait apparaître une légère baisse du trafic intra africain et la hausse du trafic Afrique-Europe et surtout du trafic

entre l'Europe et l'Amérique (FIR Dakar avec par contre un repli du trafic Afrique-amérique et Afrique-orient.

### **Evolution des trafics d'aéroport (mouvements commerciaux, passagers et fret) :**

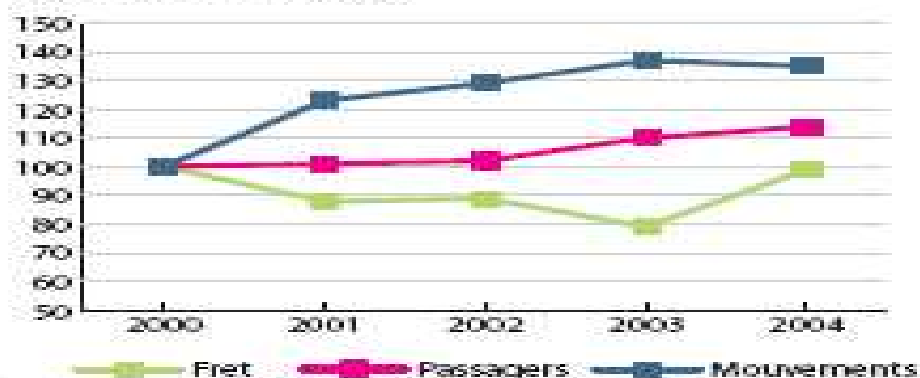
De 2000 à 2004, l'évolution des principaux indicateurs du trafic aérien est assez irrégulière. Les nombres de mouvements et passagers restent, sur la période, relativement supérieurs à ceux de l'entame de celle-ci. Tandis que le fret est en régression et reste bien en dessous de son niveau de 2000. Ainsi, les croissances annuelles moyennes sur la période de référence des mouvements, passagers et fret sont respectivement de 7,8%, 3,3% et -2,1%.

Cette évolution

s'explique notamment par la crise qu'a connu le secteur aéronautique en 2001 et 2002.

En 2004, les chargements d'avions (passagers et fret) augmentent alors que les mouvements diminuent.

**Evolution du trafic aérien à l'ASECNA**  
**Indice base 100 : 2000**



## En Algérie :

TRAFIC ROUTE	2004	2005	Var en %
SURVOLS AVEC ESCALE	<b>100 340</b>	<b>97 216</b>	<b>-3,1</b>
NATIONAL	60 388	56 550	-6,4
INTERNATIONAL	39 952	40 666	1,8
SURVOL SANS ESCALE	<b>41 425</b>	<b>44 964</b>	<b>8,5</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>141 765</b>	<b>142 180</b>	<b>0,3</b>

Aérodromes	2004	2005	Var en %
Mouvements Commerciaux	<b>91 852</b>	<b>89 473</b>	<b>-2,6</b>
Nationaux	58 531	55 526	-5,1
Internationaux	33 321	33 947	1,9
Mouvements non commerciaux	<b>62 546</b>	<b>58 264</b>	<b>-6,8</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>154 398</b>	<b>147 737</b>	<b>-4,3</b>

## Statistiques du trafic (2004/2005) :

### 1. TRAFIC AERODROME :

Aérodromes	2004	2005	Var en % (05/04)
Mouvements Commerciaux	<b>91 852</b>	<b>89 473</b>	<b>-2,6</b>
Nationaux	58 531	55 526	-5,1
Internationaux	33 321	33 947	1,9
Mouvements non commerciaux	<b>62 546</b>	<b>58 264</b>	<b>-6,8</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>154 398</b>	<b>147 737</b>	<b>-4,3</b>

## DETAIL DU TRAFIC AERODROME :

	Trafic Commercial			Trafic Non Commercial			Total général
	National	International	Total	National	International	Total	
ALGER	20 029	21 480	41 509	7 911	2 466	10 377	51 886
H-MESSAOUD	4 622	767	5 389	14792	927	15 719	21 108
ORAN	5 837	4 203	10 040	1 573	222	1 795	11 835
CONSTANTINE	5 433	2 773	8 206	2 379	73	2 452	10 658
ANNABA	3 243	1 082	4 325	1 733	164	1 897	6 222
IN-AMENAS	1 943	0	1 943	1514	248	1 762	3 705
H-R'MEL	430	0	430	3128	0	3128	3558
BEJAIA	1 263	1 540	2 803	435	55	490	3 293
GHARDAIA	1 122	32	1 154	1556	500	2 056	3 210
OUARGLA	1 060	19	1 079	1941	2	1 943	3 022
ADRAR	1 232	6	1 238	1406	56	1 462	2 700
TLEMCEN	930	1 006	1 936	746	4	750	2 686
TAMANRASSET	926	113	1 039	991	545	1 536	2 575
BISKRA	480	308	788	1289	5	1294	2082
BATNA	449	458	907	1148	4	1152	2059
TINDOUF	834	0	834	809	408	1217	2051
BECHAR	795	8	803	1163	0	1163	1966
ILLIZI	252	0	252	1389	0	1389	1641
EL-GOLEA	238	0	238	1208	6	1214	1452
DJANET	362	96	458	807	77	884	1342
IN-SALAH	316	0	316	925		925	1241
EL-OUED	814	2	816	403	0	403	1219
JIJEL	628	0	628	512	4	516	1144
TEBESSA	638	0	638	304		304	942
TIARET	14	20	34	862	0	862	896
SETIF	556	0	556	250	2	252	808
TOUGGOURT	546	0	546	154	0	154	700
MECHERIA	118	0	118	484	0	484	602
B-B-MOKHTAR	86	0	86	278	0	278	364
TIMIMOUN	322	12	334	16	2	18	352
MASCARA	0	0	0	260	0	260	260
BOU-SAADA	0	0	0	116	0	116	116
LAGHOUAT	8	22	30	12	0	12	42
<b>TOTAL</b>	<b>55 526</b>	<b>33 947</b>	<b>89 473</b>	<b>52 494</b>	<b>5 770</b>	<b>58 264</b>	<b>147 737</b>

**TRAFIC ROUTE :**

<b>TRAFIC ROUTE</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>Var en %</b>
<b>SURVOLS AVEC ESCALE</b>	<b>100 340</b>	<b>97 216</b>	<b>-3,1</b>
<b>Nationaux</b>	60 388	56 550	-6,4
<b>Internationaux</b>	39 952	40 666	1,8
<b>SURVOLS SANS ESCALE</b>	<b>41 425</b>	<b>44 964</b>	<b>8,5</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>141 765</b>	<b>142 180</b>	<b>0,3</b>

## ANNEXES II: Les satellites :

# GLONASS

(GLObal'naya Navigatsionnay Sputnikovaya Sistema)

**Le système GLONASS est destiné à devenir l'équivalent du GPS.  
Fin 2006 deux plans orbitaux sont complets. Trois nouveaux satellites occupent le troisième plan**

### 16 SATELLITES SONT ACTUELLEMENT EN SERVICE

Les satellites sont listés par ordre de lancement

*Les lignes en italique indiquent un satellite en maintenance*

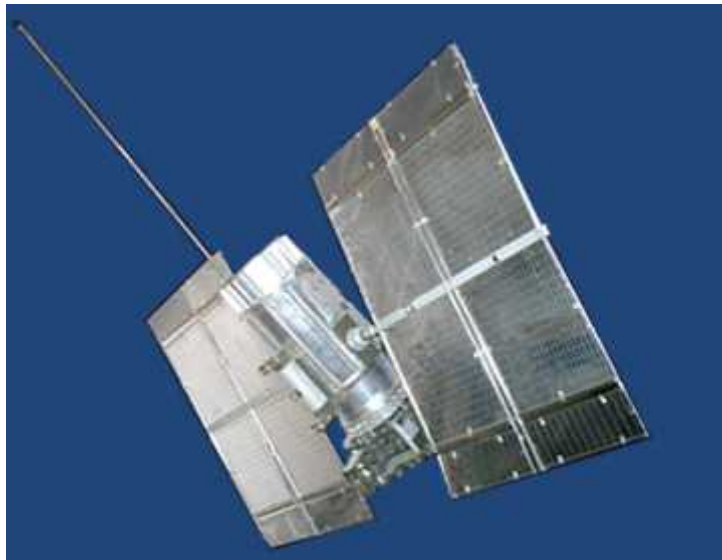
Internat	NORAD	COSMOS	Rang	GLONASS	BLOC	DATE DE LANCEMENT	CANAL DE FREQUENCE K **	PLAN ORBITAL ET POSITION DANS LA CONSTELLATION			APPELATION ***
00063A	26564	2374	83	783	29	13 OCT 00	10			3/18	18/10
00063B	26565	2375	84	787	29	13 OCT 00	05			3/17	17/05
01053A	26987	2382	88	711	30	01 DEC 01	07	1/05			05/07
01053B	26988	2381	87	789	30	01 DEC 01	12	1/03			03/12
02060A	27617	2395	90	792	31	25 DEC 02	05			3/21	21/05
02060B	27618	2394	89	791	31	25 DEC 02	10			3/22	22/10
02060C	27619	2396	91	793	31	25 DEC 02	11			3/20	20/11
03056A	28112	2404	92	701	32	10 DEC 03	01	1/06			06/01
03056B	28113	2402	93	794	32	10 DEC 03	01	1/02			02/01
03056C	28114	2403	94	795	32	10 DEC 03	06	1/04			04/06
04053A	28508	2411	97	796	33	26 DEC 04	07	1/01			01/07
04053C	28509	2412	96	797	33	26 DEC 04	06	1/08			08/06
04053B	28510	2413*	95	712	33	26 DEC 04	04	1/07			07/04
05050C	28917	2417	98	798	34	25 DEC 05	03			3/19	19/03
05050B	28916	2418*	99	713	34	25 DEC 05	02			3/24	24/02
05050A	28915	2419*	100	714	34	25 DEC 05	03			3/23	23/03
06062A	29670	2424	<i>101</i>	715	35	26 DEC 06	04		2/1 4		<i>14/04</i>
06062B	29671	2425	<i>102</i>	716	35	26 DEC 06	00		2/1 5		<i>15/00</i>
06062C	29672	2426	<i>103</i>	717	35	26 DEC 06	04		2/1 0		<i>10/04</i>

Tous les satellites sont dotés d'oscillateurs atomiques (appelées plus couramment horloges) au [césium](#)

\* : Test de Glonass.M

\*\* : Le même nombre K peut être attribué à 2 satellites antipodaux

\*\*\* : Cette appellation désigne un satellite sans ambiguïté



Les satellites GLONASS, comme les autres satellites, peuvent être désignés et identifiés par différents noms, abréviations ou nombres. Prenons par exemple le premier satellite du groupe de 3 lancés le 26 décembre 2004.

DESIGNATION	APPELATION	COMMENTAIRE
<b>Internationale</b>	04053A	Il s'agit du <b>53<sup>ème</sup></b> <a href="#">lancement</a> de l'année <b>2004</b>
<b>NORAD</b>	28508	C'est le <b>28508<sup>ème</sup></b> objet catalogué et suivi par le <a href="#">NORAD</a>
<b>Cosmos</b>	2413	Depuis 1962 la majorité des lancements de l'URSS puis de la Russie ont été désigné sous le nom général de Cosmos : il s'est appliqué à des satellites scientifiques, expérimentaux, militaires ou à des échecs. Ici il s'agit du <b>2413<sup>ème</sup></b> de la série
<b>Rang</b>	97	Il s'agit du <b>97<sup>ème</sup></b> satellite Glonass lancé (la série a commencé à 49)
<b>Glonass</b>	796	Numéro d'ordre dans le système Glonass
<b>Bloc</b>	33	Les satellites Glonass sont lancés par groupe de 3. Un ensemble de 3 satellites consitue un bloc, ici le <b>bloc 33</b> .
<b>Canal de fréquence</b>	02	Les satellites Glonass se différencient par leurs fréquences d'émission. Le canal de fréquence est le nombre K des formules ci-dessous. Ici <b>K=2</b> : ce satellite émet donc les deux fréquences 1603,125 MHz et 1246,875 MHz.
<b>Appellation</b>	01/02	Elle réunit la position dans un plan orbital et le canal de fréquence. Cette appellation désigne un satellite sans ambigüité. Positions 01 à 08 : plan orbital n° 1 Positions 09 à 16 : plan orbital n° 2 Positions 17 à 24 : plan orbital n° 3

### Fréquences d'émission

$$L1 = 1602 \text{ MHz} + K * 562,5 \text{ kHz} \quad L2 = 1246 \text{ MHz} + K * 437,5 \text{ kHz} \quad K : \text{canal de fréquence} : -7 < K < 13$$

Pour un satellite ces fréquences sont toujours dans le rapport 9/7

Donc, en fin de compte, les cinq premières désignations sont propres au satellite et chacune permet de l'identifier de façon unique et redondante mais sans ambigüité en tant qu'objet en orbite. La sixième repère l'ensemble auquel il appartient. La septième lui est attribué tant qu'il est actif mais elle est ambiguë. Tandis que la dernière, l'appellation **nn/mm**, lui est aussi attribué pendant le temps où il est actif : "**nn**" est son rang dans la constellation, il identifie à la fois le plan et la position dans le plan; "**mm**" donne les fréquences d'émission. Quand il sera mis hors service cette appellation sera attribuée à un autre satellite On lui associe parfois le numéro d'ordre Glonass ; exemple : 01/02 (796)

