

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA 1
INSTITUT D'AERONAUTIQUE ET DES ETUDES SPATIALES



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme Du Master

Filière :

Science Aéronautique

Option :

Opération Aérienne

Par : M. BELAOUD Abderrahmane

Ingénieur en Aéronautique, Option : Opération Aérienne
de l'Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales

CONTRIBUTION DE SYSTEME
D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR
LA GESTION DU TRAFIC AERIEN

Soutenu le : 12/11/2016 devant le jury composé de :

Président : M.AZZAZZEN MED
Examineur : MME.HAMLATI ZINEB
Examineur : M.GUELMAOUI ABDERRAZAK
Directeur de thèse : M.BOUDANI ABDELKADER

NOV 2016

اهداء

أهدي هذا العمل المتواضع الى كل روح سقطت من اجل هذا الوطن الغالي كي ننعم
نحن اليوم بالأمن والطمأنينة، الى الوالدة الكريمة جازاها الله عنا كل خير، اخواتي وجدتي.

Remerciements

Tout d'abord EL HAMDOU LILLAH pour la volonté et le courage qui m'a offert pour accomplir ce travail.

Ce mémoire a été réalisé sous la direction du Professeur à l'IAES M BOUDANI AEK Maître Assistant A à l'IAES, que je tiens à lui exprimer mes remerciements les plus respectueux et ma profonde gratitude pour son aide, disponibilité, conseils et orientations, me faisant ainsi profiter de ses compétences et de sa rigueur scientifique.

Je tiens à remercier monsieur AZZAZZEN MED, Professeur à l'IAES, pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Je voudrais exprimer mes remerciements à madame HAMLATI ZINEB, Maître de conférence à l'IAES et monsieur GUELMAOUI ABDERRAZAK, DTNA au niveau de L'ENNA, qui ont accepté de participer au jury de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci enfin à toute ma famille, pour leur aide tout au long de mes études. Merci d'avoir su me comprendre et me donner l'aide dans les moments les plus difficiles et de m'avoir toujours fait confiance.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I. Organisation de l'espace aérien	3
I.1 Introduction.....	3
I.2 Désignation et établissement de portions déterminées de l'espace aérien.....	4
I.3 Division de l'espace aérien	7
I.3.1 Espace aérien contrôlé	7
I.3.1.1 Les régions de contrôle	8
I.3.1.2 Région de contrôle terminale	8
I.3.1.3 Voies aériennes	8
I.3.1.4 Zones de contrôle.....	9
I.3.1.5 Région supérieure de contrôle (UTA) :	9
I.3.2 Espace aérien non contrôlé	9
I.3.2.1 Région d'information de vol.....	9
I.3.2.2 Région supérieure d'information de vol.....	9
I.3.2.3 Routes à service consultatif	10
I.3.3 Zones à statut particulier.....	10
I.4 Classification des espaces aériens.....	11
I.5 Route ATS.....	12
I.5.1 Généralités	12
I.5.2 Etablissement d'un réseau des routes ATS.....	13
I.5.3 Etablissement des points significatifs	17
I.5.4 Itinéraires dans les régions de contrôle terminales	19
Chapitre II. Différents types de service	21
II.1 Introduction.....	21
II.2 Service d'information de vol	21
II.2.1 Généralités	21
II.2.2 Service d'information de vol d'aérodrome	23
II.2.3 Emploi d'émissions pour le service d'information de vol	24
II.2.4 Service d'information de vol pour l'exploitation.....	24
II.2.5 Service automatique d'information de région terminale	24
II.2.6 Émissions par les aéronefs d'informations sur le trafic et procédures d'exploitation correspondantes	26
II.3 Service d'alerte	26
II.4 Contrôle d'aérodrome	27
II.5 Contrôle d'approche	29
II.6 Contrôle régional.....	31
II.7 Service consultatif de la circulation aérienne	33
Chapitre III. Gestion des courants de trafic aérien et régulation	36
III.1 Introduction.....	36
III.2 Gestion De La Circulation aérienne (ATM)	38
III.2.1 Généralités	38
III.2.2 Services de la circulation aérienne (ATS)	38

III.2.3	Gestion de l'espace aérien (ASM).....	39
III.2.4	Gestion des courants de trafic aérien (ATFM)	40
III.2.5	Mesures destinées à augmenter la capacité ATC	46
III.3	Planification des mesures d'exception	48
III.3.1	Introduction.....	48
III.3.2	Statut des plans de mesures d'exception	49
III.3.3	Responsabilité de l'élaboration de la promulgation et de la mise en œuvre des plans de mesures d'exception.....	49
III.3.4	Mesures préparatoires	50
III.3.5	Coordination	52
III.3.6	Élaboration, promulgation et application des plans de mesures d'exception.....	53
Chapitre IV.	Systèmes d'informations géographiques.....	56
IV.1	Introduction :.....	56
IV.2	Historique.....	56
IV.3	Qu'est ce qu'un SIG.....	57
IV.4	Structure d'un SIG	58
IV.5	Les composants d'un SIG	59
IV.6	Fonctionnalités d'un SIG	60
IV.7	Les domaines d'applications	63
IV.8	Conclusion	68
Chapitre V.	Simulations et Résultats	69
	Conclusions générales.....	71
	Bibliographie	72

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 Division de l'espace aérien de l'Algérie.	12
Figure I-2 Etablissement d'un réseau route ATS.	17
Figure I-3 Etablissement des points significatifs	20
Figure II-1 différent type de control.....	35
Figure IV-1 Point de vue des informaticiens.	57
Figure IV-2 Point de vue décideur.	58
Figure IV-3 Structure d'un système d'information géographique.	58
Figure IV-4 Composant d'un système d'information géographique.	59
Figure IV-5 L'acquisition des données géographiques.....	61
Figure IV-6 L'archivage des données géographiques.	62
Figure IV-7 L'affichage des données géographiques.	62
Figure IV-8 L'analyse des données géographiques.	63
Figure V-1 Programme de localisation de position des aéronefs.....	69
Figure V-2 illustration comment introduire le vol	70
Figure V-3 illustration comment introduire les coordonnées.....	70
Figure V-4 résultat de la recherche	70

Introduction générale

Le trafic aérien connaît un contexte économique et environnemental particulièrement difficile et appelé à le rester : la grande perturbation des prix du pétrole et la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre plaident pour une organisation du trafic la plus efficace possible. En ce qui concerne les vols, cela devrait notamment se traduire par des trajectoires optimisées en termes de consommation et de temps de parcours. Or, l'impératif premier que constitue la sécurité aérienne a conduit à la mise en place progressive du très complexe système de contrôle et d'organisation existant aujourd'hui dans toutes les zones denses de trafic aérien et qui restreint grandement les trajectoires possibles. Ce système est basé sur la division de l'espace aérien en secteurs gérés par des équipes de contrôleurs et sur l'organisation du trafic selon des routes aériennes et des niveaux de vol qui, en limitant la liberté de chaque avion, facilite le respect de normes strictes de séparation horizontale et verticale des aéronefs, permettant à l'aviation commerciale de rester le moyen de transport le plus sûr. Cette perte de liberté des avions a évidemment un coût en termes d'efficacité des trajectoires et l'organisation actuelle n'est probablement pas l'organisation optimale d'un point de vue théorique : un concept décentralisé tel que le vol sans contraintes (free flight) permettant à chaque vol de choisir sa trajectoire en transférant la responsabilité de la séparation aux différents avions (équipés de systèmes d'anticollision embarqués et communicants) est peut-être l'avenir du trafic aérien à long terme. Les énormes difficultés économiques, théoriques et pratiques de ce changement complet de paradigme de régulation (nécessité d'équiper tous les avions, définition des procédures en cas de pannes, incertitude sur le jour J du transfert de la responsabilité des contrôleurs vers les avions...) rendent cependant peu probable une telle évolution à court et moyen termes. Il est donc primordial de perfectionner le système actuel en optimisant notamment les trajectoires, tout en restant dans le contexte des routes aériennes et en utilisant au mieux une des principales ressources limitatrices du trafic : le contrôle aérien en vol et aux aéroports.

Le mémoire est organisé de la manière suivante : Le chapitre I est consacré à la présentation d'organisation générale de l'espace aérien : tout d'abord le contexte global de du trafic aérien, son organisation et ses limites ; Le chapitre II décrit les différents services de la circulation aérienne. Le chapitre III expose tout d'abord la gestion des courants de trafic aérien. Le chapitre IV est consacré à la contribution d'un système d'information géographique pour le positionnement des avions à partir d'une application développée en C++.

Le chapitre V regroupe les simulations et discussion des résultats. Le travail de mémoire présenté ici s'inscrit dans un projet de recherche plus global sur la régulation court terme du trafic aérien.

Chapitre I. **Organisation de l'espace aérien**

I.1 Introduction

Dans les conditions idéales, l'organisation de l'espace aérien au-dessus d'une région donnée ne devrait répondre qu'à des considérations opérationnelles et techniques. En réalité, toutefois, compte tenu des nombreuses demandes divergentes et parfois contradictoires qui concernent l'utilisation de cet espace, cet objectif ne peut jamais être atteint, si ce n'est dans des conditions approximatives plus ou moins satisfaisantes. Il semblerait donc plus utile d'énumérer si un certain nombre de principes qui, s'ils sont appliqués judicieusement, devraient permettre d'arriver à un compromis acceptable.

En ce qui concerne la planification de l'organisation de l'espace aérien, le premier point à souligner est qu'aucune des parties qui prétendent à son utilisation ne doit tenter d'exploiter ses propres avantages lorsqu'elle se trouve momentanément en position de force (politique ou numérique) par rapport aux autres parties. L'expérience montre qu'à la longue les positions relatives tendent à se modifier et que d'autres s'efforcent alors d'exploiter des avantages non moins temporaires, déclenchant ainsi un enchaînement de situations qui, au cours des années, ne peut que nuire à toutes les parties en présence et à l'ensemble des services de la circulation aérienne (ATS) des États où ces événements se produisent.

Le deuxième point, qui fait directement suite au premier, est que l'organisation de l'espace aérien doit toujours prévoir un partage équitable de l'utilisation de cet espace entre toutes les parties qui y ont légitimement accès. À cet égard, on a constaté que, si l'on recourt à une ségrégation de l'espace aérien, c'est-à-dire si on le divise pour l'attribuer ensuite systématiquement à l'utilisation exclusive de telle ou telle partie, on obtient généralement au total l'utilisation la moins efficace possible de l'espace aérien disponible, car cette méthode mène inévitablement à la stérilisation de vastes portions de cet espace pendant de longues périodes de temps. L'objectif doit donc être d'organiser l'espace aérien de manière qu'il soit possible de l'utiliser de la manière la plus souple possible, grâce à un emploi coordonné ou, mieux encore, combiné, par le plus grand nombre de parties possibles. Ce principe s'applique notamment en ce qui concerne les deux principaux groupes d'utilisateurs, c'est-à-dire les civils et les militaires.

Le troisième point dont il faut tenir compte à cet égard est que, vu le caractère international d'une grande partie de l'exploitation aérienne, l'organisation de l'espace aérien au-

dessus d'un État peut difficilement être considérée isolément et doit nécessairement être envisagée comme partie intégrante d'un système beaucoup plus large correspondant au minimum à une région de l'OACI. Il est par conséquent indispensable que les États coordonnent au niveau voulu toutes les modifications qu'ils souhaitent apporter à l'organisation de l'espace aérien [1].

I.2 Désignation et établissement de portions déterminées de l'espace aérien

Lorsqu'il a été décidé que des services ATS doivent être assurés, les portions de l'espace aérien où ces services seront fournis doivent être désignées dans les termes suivants :

- a) région d'information de vol (FIR);
- b) région de contrôle (CTA);
- c) zone de contrôle.

En outre, les aérodromes où un contrôle de la circulation aérienne (ATC) est assuré, doivent être désignés comme aérodromes contrôlés.

Une FIR englobe normalement la totalité de l'espace aérien situé au-dessus du territoire d'un État. Les FIR limitrophes doivent être contiguës et, dans la mesure du possible, être délimitées de manière que les considérations opérationnelles concernant la structure de routes qu'elles englobent aient priorité sur toute notion d'alignement sur les frontières nationales. Pour des raisons évidentes, la décision d'établir deux ou plusieurs FIR pour couvrir l'espace aérien d'un même État ne doit pas dépendre uniquement et avant tout des dimensions de cet État, mais également de la structure des routes aériennes qui le traversent, de sa topographie et enfin, considérations non moins importantes, du rapport coût-efficacité et de la nécessité de maintenir dans des proportions acceptables les problèmes de gestion des installations qui se poseront aux organes ATS qui assurent des services dans ces FIR.

En ce qui concerne le tracé des limites de FIR sur la haute mer, cette question devra, dans tous les cas, être réglée par des accords régionaux de navigation aérienne, en se fondant sur la structure existante ou prévue des routes aériennes, ainsi que sur la capacité des États fournisseurs choisis d'assurer les services voulus sans efforts excessifs.

Les régions de contrôle (CTA) doivent être établies de manière à recouvrir l'espace aérien qui englobe les trajectoires des aéronefs volant en IFR à l'intérieur des limites d'une FIR auxquels on estime qu'il est nécessaire de fournir un service ATC. Lorsqu'on décide s'il y a lieu ou non de fournir un service ATC, il faut tenir compte, entre autres, des facteurs suivants :

- a) désir des exploitants aériens intéressés d'obtenir ce service;

- b) types d'aéronefs et densité de la circulation aérienne à un moment quelconque ou pendant des périodes déterminées et risques d'abordage qui en résultent;
- c) conditions météorologiques dominantes;
- d) autres facteurs pertinents à caractère local, c'est-à-dire topographie générale, caractéristiques de la région survolée (par exemple régions inhospitalières), etc.

Le service ATC peut être suspendu dans les conditions suivantes :

- a) lorsque la densité et/ou la complexité de la circulation sur certaines routes suivies par les aéronefs diminuent pour passer au-dessous du point critique; ou
- b) lorsque la densité et/ou la complexité de la circulation, sur lesquelles le besoin du contrôle est fondé, se limitent à des périodes de temps définissables.

Les CTA peuvent être constituées par

- a) des régions de contrôle terminales (TMA) de dimensions suffisantes pour contenir la circulation contrôlée autour des aérodromes très fréquentés;
- b) des voies aériennes qui communiquent entre elles et qui ont :
 - 1) une largeur déterminée par la précision avec laquelle les aéronefs qui les utilisent sont capables de suivre leur trajectoire assignée, ainsi que par les moyens de navigation dont disposent ces aéronefs et leur aptitude à les utiliser;
 - 2) une étendue verticale couvrant tous les niveaux auxquels il faut assurer un service de contrôle; ou
- c) de régions de contrôle du type «surface» à l'intérieur desquelles des routes ATS déterminées ont été définies aux fins de la planification des vols et qui permettent d'organiser un écoulement ordonné de la circulation aérienne;
- d) dans le cas des espaces aériens océaniques, les régions de contrôle peuvent être constituées par l'établissement d'une ou plusieurs structures de routes desservant des courants de circulation déterminés ou, si la complexité des routes ATS océaniques le justifie, par l'établissement d'une région de contrôle océanique de type «surface».

L'établissement d'une région de contrôle présente l'avantage que, lorsque les conditions de la circulation le permettent, l'ATC peut autoriser certains des vols placés sous son contrôle à s'écarter des routes ou de la structure de routes ATS établies, afin de pouvoir suivre une trajectoire de vol plus directe entre des points déterminés le long de leur route, sans avoir à quitter l'espace aérien contrôlé et perdre ainsi l'avantage que leur procure le service ATC.

Dans certaines régions, il peut aussi être souhaitable de diviser les FIR et les CTA dans le plan vertical de manière à obtenir un espace aérien supérieur et un espace aérien inférieur. En pareil cas, dans l'espace aérien supérieur, une FIR et/ou une CTA peuvent englober latéralement les

régions correspondant, dans l'espace inférieur, à deux ou plusieurs FIR ou CTA. Cependant, les limites latérales de ces FIR ou CTA supérieures doivent, dans tous les cas, coïncider avec les limites périphériques correspondant aux FIR ou CTA inférieures englobées par une même FIR ou CTA supérieure afin de maintenir la compatibilité indispensable du transfert de responsabilité des aéronefs entre organes ATS voisins dans l'espace aérien inférieur comme dans l'espace aérien supérieur.

La décision de recourir à une division verticale de l'espace aérien de la manière décrite ci-dessus peut répondre à l'une des raisons suivantes

- a) répartir la charge de travail des services ATS de manière que la charge imposée à un organe ATS ne dépasse pas des limites acceptables, tant en ce qui concerne sa région de responsabilité que le volume de trafic qu'il est appelé à acheminer;
- b) appliquer aux aéronefs qui évoluent dans l'espace aérien supérieur des conditions d'exploitation différentes de celles qui sont appliquées dans l'espace aérien inférieur et qui sont motivées par des paramètres d'exploitation particuliers à la circulation dans cet espace (par exemple interdiction de voler conformément aux règles de vol à vue (VFR), utilisation du contrôle de type «surface» par opposition au type «voie aérienne», etc.);
- c) une combinaison des raisons indiquées en a) et b) ci-dessus.
 - a) Quel que soit le cas, si une telle division verticale est adoptée, il faut veiller à ce que le plan de division choisi pour les régions indiquées en a) ci-dessus ne diffère pas de celui qui aura été choisi pour les raisons indiquées en b), car cela compliquerait les procédures pour les pilotes comme pour les contrôleurs. De plus, lorsqu'un État choisit un plan de division, il doit le faire en parfaite coordination avec les États voisins afin d'éviter les difficultés de transition et de coordination aux points de transfert. Dans toute la mesure du possible, un tel plan de division devrait être établi uniformément sur la région la plus vaste possible et les limites entre plans de division différents, si elles doivent exister, devraient être situées aux endroits où elles sont appelées à nuire le moins possible aux pilotes et aux contrôleurs.
 - b) en ce qui concerne les zones de contrôle et les zones de circulation d'aérodrome, il semble suffisant de souligner une fois encore que les zones de contrôle devraient être aussi peu étendues que possible, compte tenu de la nécessité de respecter les plans de vol des aéronefs en vol IFR contrôlé entre la limite inférieure d'une CTA et l'aérodrome pour lequel la zone de contrôle

a été établie. Par ailleurs, leurs dimensions peuvent aussi être influencées par la nécessité de permettre les vols VFR spéciaux aux abords de l'aérodrome. En ce qui concerne les zones de circulation d'aérodrome, celles-ci ne devraient être établies que lorsque les activités qui justifient leur établissement sont d'une fréquence et d'une durée suffisante et intéressent un nombre d'aéronefs suffisamment important.

Étant donné le caractère du service consultatif de la circulation aérienne, il s'ensuit que l'établissement d'un espace aérien à service consultatif devrait être régi par ce que nous avons déjà dit en ce qui concerne l'établissement des CTA et des zones de contrôle quant à leur étendue et leur configuration. En fait, un tel espace aérien doit être considéré comme le précurseur d'un espace aérien contrôlé pendant la période où un service consultatif de la circulation aérienne est fourni en attendant un véritable contrôle de la circulation aérienne. [2]

I.3 Division de l'espace aérien

L'espace aérien est divisé en régions ou en zones de contrôle dans lesquelles les services de circulation aérienne sont spécifiques et différents, on peut le diviser sur la base des services rendus en deux types :

Espace aérien contrôlé.

Espace aérien non contrôlé

I.3.1 Espace aérien contrôlé

C'est un espace aérien dans lequel un vol IFR bénéficie des services rendus par l'organisation chargée du contrôle de la circulation aérienne. Pour un vol VFR les conditions VMC en espace contrôlé changent selon que le vol s'effectue en dessous ou au-dessus du niveau FL 100.

Un espace aérien est contrôlé lorsqu'il existe un organisme de contrôle de la circulation aérienne. Dans ce type d'espace aérien on trouve :

Les régions de contrôle (CTA).

Les régions de contrôle terminal (TMA).

Les voies aériennes (AWY).

Les zones de contrôle (CTR).

Les régions supérieures de contrôle (UTA).

I.3.1.1 Les régions de contrôle

Elles sont déterminées de manière à englober un espace aérien suffisant pour contenir les trajectoires des aéronefs (en régime de vol IFR) afin de les protéger pendant la phase d'approche en leur fournissant les services de contrôle de la circulation aérienne. Leurs limites latérales et verticales sont fixées et sont présentées dans les cartes SID et STAR.

Les régions de contrôle sont associées aux aéroports d'Alger, Annaba, Constantine, Hassi Messaoud et Oran.

I.3.1.2 Région de contrôle terminale

Elles sont situées au carrefour des voies aériennes et au dessus d'un ou de plusieurs aéroports ; les TMA peuvent être un espace contenant des trajectoires d'attente et d'approche aux instruments.

On distingue trois TMA en espace aérien algérien :

- TMA Alger
- TMA Oran
- TMA NORD Est.

I.3.1.3 Voies aériennes

Les voies aériennes (AWY) ou routes ATS résultent de la nécessité d'exécuter la fonction de contrôle dans la phase de vol de croisière ; elles sont présentées sous la forme de couloirs radioguidés par des aides à la navigation (NDB, VOR, VOR/DME).

La protection des routes aériennes ATS est fixée dans l'annexe 11 (services de la circulation aérienne) de l'O.A.C.I. la limites de la routes ATS et en fonction des reliefs, y compris une marge de franchissement d'obstacles (entre 450m et 600m).

La protection des routes aériennes de navigation de surfaces RNAV est fixée d'une valeur de 10 NM de part et d'autre de l'axe en route.

Chaque route est désignée par indicatif (une lettre et un numéro).

A, B, G, R : routes autres que les routes de navigation de surface.

L, M, N, P : routes de navigation de surface.

I.3.1.4 Zones de contrôle

C'est un espace aérien contrôlé et déterminé de manière à englober les trajectoires des aéronefs à l'arrivée et au départ de l'aérodrome en région de vol IFR et VFR et au profit desquelles on juge nécessaire d'exercer la fonction de contrôle ; leurs limites latérales et verticales sont fixées pour chaque aérodrome. Elles sont présentées dans la carte d'approche à vue.

I.3.1.5 Région supérieure de contrôle (UTA) :

Afin de limiter le nombre de régions de contrôle pour les aéronefs volant à haute altitude, il a été créé une région de contrôle supérieure englobant tout l'espace aérien supérieur.

I.3.2 Espace aérien non contrôlé

L'espace aérien non contrôlé est un espace de trafic moindre où l'intervention des services de la circulation aérienne est limitée à l'information et l'alerte, il se divise en :

Région d'information de vol F.I.R.

Région supérieure d'information de vol U.I.R.

Routes à services consultatif A.D.R.

I.3.2.1 Région d'information de vol

La région d'information de vol (FIR) est une région dans laquelle les services d'information de vol sont assurés ; ses limites géographiques sont déterminées en fonction de caractéristiques de portée du moyen de liaison au sol.

La FIR Alger englobe la totalité de l'espace aérien Algérien, dans laquelle les services d'information de vol et d'alerte sont assurés pour tous les aéronefs. Elle est limitée par :

La FIR BARCELONE, MARSEILLE et ROME au Nord

La FIR CASABLANCA à l'ouest

La FIR TUNIS et TRIPOLI à l'est

La FIR DAKAR et NIAMEY au Sud.

I.3.2.2 Région supérieure d'information de vol

La région supérieure d'information de vol (UIR) a été créée afin de limiter le nombre de régions d'information de vol que les aéronefs traversent à très haute altitude.

Une région supérieure d'information de vol englobe l'espace aérien situé à l'intérieur des limites latérales de certain nombre de F.I.R.

I.3.2.3 Routes à service consultatif

Les routes à service consultatif (ADR) sont des itinéraires aériens à l'intérieur des espaces non contrôlés au long desquelles la densité du trafic est suffisante pour justifier une fonction d'information de vol approfondie ; cette fonction particulière d'information de vol est remplie par un service consultatif de la circulation aérienne afin d'assurer l'espacement des aéronefs volants conformément aux règles de vol IFR.

I.3.3 Zones à statut particulier

Ce sont des zones établies pour des raisons de sécurité ou pour les besoins de la circulation aérienne dont la pénétration est soumise à un accord préalable.

On distingue trois types de zones :

a) Les zones dangereuses (D : Dangerous)

Espace aérien de dimensions définies, à l'intérieur duquel peuvent se dérouler des activités dangereuses pour le vol des aéronefs, pendant des périodes spécifiées.

Exemple : DA-D50 : Zone dangereuse Bousfer.

b) Les zones réglementées (R : Restricted) :

Espace aérien de dimensions définies, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un Etat où le vol des aéronefs est subordonné à certaines conditions spécifiées.

Exemple : DA-R65 : zone réglementée de Constantine

c) Les zones interdites (P : Prohibited)

Espace aérien de dimensions définies, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un Etat où le vol des aéronefs est interdit.

Exemple : DA-P73 : zone interdite de Tlemcen

L'existence de ces zones est portée à la connaissance des usages de l'espace aérien par voie de l'information aéronautique, publiée dans l'AIP et qui sont mentionnées sur les cartes de radionavigation.

I.4 Classification des espaces aériens

Les espaces aériens sont classés et désignés comme suit :

Classe A. Seuls les vols IFR sont admis; il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols et la séparation est assurée entre tous.

Classe B. Les vols IFR et VFR sont admis; il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols et la séparation est assurée entre tous.

Classe C. Les vols IFR et VFR sont admis; il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols et la séparation est assurée entre vols IFR et entre vols IFR et vols VFR. Les vols VFR sont séparés des vols IFR et reçoivent des informations de circulation relatives aux autres vols VFR.

Classe D. Les vols IFR et VFR sont admis, et il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols; la séparation est assurée entre vols IFR et les vols IFR reçoivent des informations de circulation relatives aux vols VFR; les vols VFR reçoivent des informations de circulation relatives à tous les autres vols.

Classe E. Les vols IFR et VFR sont admis; il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne aux vols IFR et la séparation est assurée entre vols IFR. Tous les vols reçoivent dans la mesure du possible des informations de circulation. La classe E ne sera pas utilisée pour les zones de contrôle.

Classe F. Les vols IFR et VFR sont admis; tous les vols IFR participants bénéficient du service consultatif de la circulation aérienne, et tous les vols bénéficient du service d'information de vol s'ils le demandent

Classe G. Les vols IFR et VFR sont admis et bénéficient du service d'information de vol s'ils le demandent.

Figure I-1 Division de l'espace aérien de l'Algérie.

I.5 Route ATS

I.5.1 Généralités

Pour un aéronef, l'idéal est de pouvoir suivre la route la plus directe entre son point de départ et son point de destination, ce que le milieu dans lequel il se déplace lui permet de faire, sauf s'il rencontre des phénomènes météorologiques de forte intensité. Cependant, comme l'utilisation de l'espace aérien fait l'objet de nombreuses demandes parfois incompatibles de la part de ses différents usagers et compte tenu des considérations liées à l'environnement et à la sûreté, il est rarement possible de suivre la route la plus directe. Il faut donc trouver un compromis raisonnable entre cet objectif souhaitable et la réalité.

À cette observation, il faut ajouter que, dès qu'une forme quelconque de contrôle est exercée sur la circulation aérienne (et cela s'applique à tous les types d'aéronefs), il est inévitable que cette circulation soit canalisée selon une structure définie, dont l'étendue et la complexité ne doivent pas dépasser les possibilités intellectuelles et physiques des personnes chargées de contrôler cette circulation. Ce contrôle, y compris la présentation, l'analyse et la résolution des conflits, doit être possible au prix d'un effort physique et mental qu'une personne soit en mesure de poursuivre au cours d'une longue période, faute de quoi la continuité du contrôle assuré par cette personne cesse d'exister. Il est donc essentiel que les intentions de chacun des participants qui constituent l'ensemble de la circulation soient présentées de manière à pouvoir être reliées aux intentions des autres, qui sont peut-être incompatibles.

En bref, il n'est possible d'acheminer un volume important de circulation aérienne que si l'on suit des structures préétablies qui sont conçues non seulement pour faciliter la détection rapide des diverses intentions incompatibles entre elles, mais aussi pour permettre de résoudre les conflits qui en résultent. Par ailleurs, ces structures préétablies doivent aussi permettre à la majorité des aéronefs de suivre les routes les plus directes sous peine de nuire à l'économie et à l'efficacité de l'exploitation aérienne.

L'expérience acquise dans les régions où des volumes particulièrement importants de circulation aérienne sont acheminés montre que la manière la plus satisfaisante de répondre aux considérations générales indiquées ci-dessus est d'établir un réseau de routes ATS.

I.5.2 Etablissement d'un réseau des routes ATS

L'établissement d'un réseau de routes ATS suit, dans la plupart des cas, le schéma approximatif ci-dessous

Les exploitants exposent leurs besoins réels et prévus en ce qui concerne les routes à suivre entre les aérodrômes qu'ils utilisent;

Les demandes parfois très divergentes des divers exploitants sont ensuite regroupées en un ensemble raisonnablement cohérent correspondant à leurs besoins;

c) Ces besoins sont ensuite mis en parallèle avec les autres demandes concernant l'espace aérien traversé par ces routes (régions militaires, nécessité d'éviter le survol d'installations («sensibles» au sol, etc.) et des propositions de rechange sont élaborées en vue de fixer l'alignement exact de chacune des routes;

d) Ces propositions de rechange sont alors présentées aux exploitants intéressés et négociées avec eux jusqu'à ce qu'on arrive à un compromis raisonnable;

dans les cas relativement peu nombreux où les exploitants ne sont pas en mesure d'accepter les propositions qui peuvent leur être faites, il y a lieu de garder en réserve les besoins initialement exposés pour les soumettre à nouveau à toutes les parties intéressées jusqu'à ce que des circonstances plus favorables permettent de définir un alignement qui s'éloigne le moins possible des demandes des exploitants.

L'expérience montre qu'en adoptant la méthode ci-dessus, on obtient généralement des résultats satisfaisants et, notamment, que l'on parvient souvent à répondre aux demandes qui ne pouvaient pas être satisfaites à l'origine.

L'établissement d'un réseau détaillé de routes ATS peut suivre deux schémas distincts selon la composition de la circulation qu'il y a lieu d'acheminer. Si la majeure partie du trafic à acheminer se compose de vols nationaux, les États doivent répondre à ces besoins en priorité. Néanmoins, il y a lieu de prendre les mesures nécessaires pour répondre aux besoins de l'exploitation internationale en établissant des routes principales, dont la structure doit être coordonnée au moins à l'échelle régionale. Si ce sont les vols internationaux qui constituent la majeure partie de la circulation, l'établissement du réseau de routes ATS doit être entrepris dès le début à l'échelle régionale ou à une échelle plus étendue.

Il s'ensuit que, dans une plus ou moins large mesure, les États ne peuvent agir isolément, lorsqu'il s'agit d'établir un réseau de routes ATS, que dans le cas des routes strictement réservées aux besoins nationaux car, la plupart du temps, les mesures prises ont des effets directs et appréciables sur l'écoulement de la circulation bien au-delà de la zone de responsabilité de l'État dont il s'agit. L'expérience montre que, si des changements sont apportés aux routes ATS dans une région limitée, ils peuvent se faire sentir sur la circulation aérienne à une très grande distance et même sur une partie de la circulation qui n'a jamais envisagé de se rendre dans la région où le changement a été effectué.

Compte tenu de ce qui précède, il apparaît que l'établissement ou la révision détaillée des diverses routes qui forment un réseau de routes ATS doit s'effectuer selon le plan suivant :

Commencer par établir ou réviser les grandes routes principales qui desservent la majeure partie de la circulation dans une région donnée, ainsi que celles qui s'étendent au-delà de cette région;

1. établir ou réviser les routes nécessaires pour donner accès à ces routes principales afin de desservir les endroits qu'elles ne desservent pas directement;
2. établir ou réviser les routes supplémentaires nécessaires pour acheminer les courants de circulation secondaires ou pour alléger la circulation sur les grandes routes principales;
3. établir ou réviser les routes à caractère local qui sont nécessaires pour répondre soit à des besoins nationaux particuliers, soit à ceux de groupes particuliers d'usagers (routes pour hélicoptères, routes VFR, routes militaires à basse altitude, vol de nuit, etc.) et déterminer si ces routes locales doivent être intégrées dans le réseau de routes général.

Une fois établi ou révisé conformément aux indications ci-dessus le réseau détaillé de routes ATS doit être révisé dans son ensemble pour évaluer sa cohérence. On ne doit apporter des changements à ce réseau que s'ils ont fait l'objet d'une coordination avec toutes les parties intéressées.

La majeure partie des routes ATS ainsi établies seront disponibles en permanence, mais il y aura toutefois des cas où :

1. Certaines routes ne seront nécessaires que pendant des périodes déterminées de l'année (routes saisonnières) pour acheminer une circulation en transit pendant la saison de villégiature;
2. Certaines routes ne pourront être disponibles que pendant les week-ends car elles traversent des zones qui, pendant la semaine sont réservées à d'autres activités;

3. Certaines routes dont l'emploi dépend de procédures spéciales de coordination, ne pourront être attribuées que sur une base ad hoc pour certains vols déterminés et selon les circonstances du moment.

Ces routes, à caractère non permanent, doivent aussi être incluses dans le réseau de routes ATS mais avec une indication claire des limites imposées à leur utilisation. Cette indication servira ensuite à rappeler que ces routes doivent faire l'objet d'un examen fréquent en vue de modifier leur statut chaque fois que l'utilisation qui en est faite l'exige.

Il n'y a lieu d'établir des routes ATS au-dessus de la haute mer que si la densité de la circulation justifie que celle-ci soit canalisée pour garantir sa sécurité, et seulement pendant les périodes où la densité de ladite circulation justifie l'établissement de ces routes. En outre, étant donné que, pour ce qui est de la définition précise des itinéraires et par conséquent de l'économie des vols, les vols au-dessus de la haute mer sont plus tributaires des conditions météorologiques (notamment des vents en altitude) que ce n'est le cas pour les routes plus courtes qui survolent les régions terrestres, il est indispensable de tenir compte de cet état de choses dans l'alignement de ces routes. Il faut donc procéder à des ajustements fréquents, soit quotidiennement comme on le fait actuellement sur la structure de routes de l'Atlantique nord, soit aux intervalles de temps nécessaires pour tenir compte des changements significatifs qui interviennent dans l'environnement opérationnel.

Le statut qui est donné à chaque route ATS, à titre de route ATS contrôlée (généralement sous forme de voies aériennes), de route à service consultatif ou de route non contrôlée, est essentiellement déterminé par le volume et le type de la circulation qui l'utilise, ainsi que par d'autres facteurs pertinents .

Lorsque l'alignement et le statut des routes ATS ont été établis ou révisés, il y a lieu de déterminer l'utilisation des niveaux de vol sur chacune des routes qui doivent avoir le statut de route ATS contrôlée. À cet égard, une série de niveaux de vol sont prescrits (normalement niveaux «IMPAIRS» et niveaux «PAIRS»), qui doivent être utilisés selon la direction du vol. Les principes qui régissent l'établissement des niveaux de vol tiennent compte des considérations suivantes :

La majeure partie des vols qui utilisent une route ATS contrôlée ou une partie de cette route doivent être autorisés, lorsqu'ils sont en palier, à rester au niveau qui leur a été assigné sans avoir besoin de changer de niveau pour la seule raison que la route change d'orientation géographique;

Aux intersections intéressant plus de deux routes ATS contrôlées, il faut réduire au minimum la probabilité que des aéronefs volant sur l'une ou l'autre de ces routes et approchant

de l'intersection se trouvent au même niveau, ce qui évite la nécessité d'interventions systématiques du contrôle pour rétablir une séparation suffisante entre eux.

L'expérience montre que, dans le cas des réseaux de routes ATS complexes [par exemple dans la région Europe (EUR)], on ne peut atteindre ce dernier objectif que si l'assignation des niveaux de vol sur certaines routes est inversée en certains points, en fonction de la situation aux différentes intersections qui intéressent cette route. En pareil cas, il importe que les changements de niveaux de vol soient établis en des points situés à bonne distance d'une limite de région d'information de vol (FIR) ou de région de contrôle (CTA) ou d'un point de transfert de contrôle (si ce point n'est pas situé sur la limite) ou qu'il ait lieu en des points où la circulation le long de la route est la moins dense, ce qui permet d'effectuer le changement de niveau sans difficultés excessives pour les aéronefs ou les services de la circulation aérienne.

Sur les routes ATS où la circulation est particulièrement dense, il peut être judicieux d'établir des itinéraires à sens unique pour chaque direction de vol entre les points qui déterminent les extrémités de ces routes. En pareil cas, on peut attribuer des niveaux de vol consécutifs sur chacun des deux itinéraires à sens unique.

La désignation des routes ATS à l'échelle mondiale est régie, d'une manière générale, La question comporte toutefois un certain nombre d'aspects qui méritent une étude plus détaillée, à savoir :

Il y a lieu de tenir compte du plan de vol et de la description de la route, qui sont nécessaires pour les autorisations du contrôle de la circulation aérienne (ATC);

- a) Il faut éviter les complications inutiles dans la coordination que suppose l'assignation des indicatifs;
- b) Il faut tenir compte des effets de l'emploi de systèmes automatiques.

En ce qui concerne la planification des vols et les autorisations ATC, les systèmes employés pour assigner les indicatifs aux diverses routes qui composent un réseau de routes ATS devraient être conçus essentiellement pour qu'un grand nombre de vols répétitifs du transport aérien (vols commerciaux réguliers et non réguliers, ainsi que certaines opérations militaires systématiques) soient en mesure d'indiquer, dans leur plan de vol, leur itinéraire de vol avec le nombre minimal d'indicatifs. Avec un nombre réduit d'indicatifs, le service ATC est également en mesure de donner des autorisations brèves et concises et d'autoriser les vols au prix d'efforts minimaux. En outre, les indicatifs qui risquent d'être confondus en passant par les communications air-sol devraient être assignés de telle manière que, même s'ils sont mal compris, l'erreur soit immédiatement évidente parce qu'ils ne peuvent pas normalement avoir

été assignés à cet endroit. À cet égard, il y a lieu de tenir compte des différences de prononciation entre pilotes de langues maternelles différentes.

Pour éviter que les mêmes indicatifs se retrouvent plusieurs fois, il importe de coordonner leur assignation à l'échelle régionale au moins. Il est indispensable que la méthode choisie à cet effet soit aussi simple que possible, qu'elle n'exige pas une coordination excessive et qu'elle fasse appel à l'aide du bureau régional intéressé de l'OACI. Il faut aussi prévoir une capacité largement suffisante pour faire face aux besoins futurs sans que l'assignation de nouveaux indicatifs n'amène à modifier le système lui-même.

Enfin, les assignations doivent être effectuées de manière à réduire au minimum les changements d'indicatifs. Cette considération est particulièrement importante dans les cas où les organes ATC qui assurent le service le long des routes en question utilisent de l'équipement automatique, notamment parce que l'expérience montre que, lorsqu'il faut apporter des modifications aux programmes d'ordinateur, cela entraîne des délais considérables dans la mise en vigueur des indicatifs modifiés.

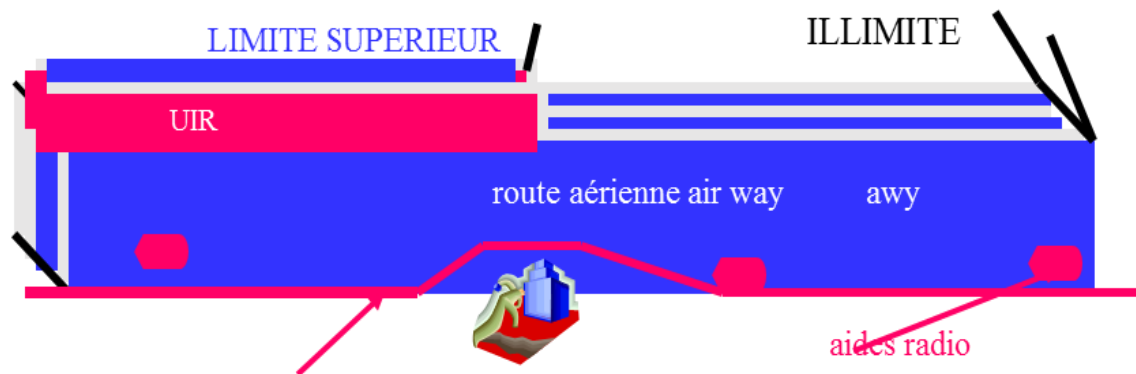


Figure I-2 Etablissement d'un réseau route ATS.

I.5.3 Etablissement des points significatifs

Le long des routes ATS et/ou dans les régions de contrôle terminal (TMA), les points significatifs sont normalement établis aux emplacements géographiques où il se produit, dans la conduite du vol, un événement qui présente de l'importance pour le pilote et/ou pour les services de la circulation aérienne, par exemple un changement d'alignement d'une route ATS ou d'un itinéraire dans une TMA, une intersection des axes de deux ou plusieurs routes ATS, un point de transfert de contrôle, etc. Ces points sont souvent repérés par l'emplacement au sol d'une aide radio à la navigation ou par référence à un guidage de navigation émanant d'une ou plusieurs de ces aides [intersection de deux radiales provenant de différents radiophares d'alignement omnidirectionnels VHF (VOR) ou point situé sur une radiale VOR déterminé par sa distance

par rapport à ce VOR mesurée au moyen de l'équipement DME qui lui est associé]. Dans d'autres cas, ces points sont établis par référence à des coordonnées géographiques seulement et la navigation à destination ou en provenance de ces points se fait par référence à des aides de navigation du type à couverture de surface (par exemple OMEGA) ou grâce à des moyens de navigation autonomes [par exemple système de navigation par inertie (INS)]. Dans ce cas, ils sont souvent désignés comme «points de cheminement».

Comme on l'a déjà vu, les points significatifs peuvent être subdivisés en quatre types, selon leur utilité opérationnelle :

- a) les points qui intéressent seulement le pilote dans la conduite de sa navigation — changement d'alignement d'une route, transition entre aides de radionavigation successives, etc.;
- b) les points qui intéressent à la fois le pilote et les services ATS pour les raisons suivantes :
 1. parce qu'ils définissent les intentions des pilotes quant à l'itinéraire de vol à suivre (dans les plans de vol); ou
 2. parce qu'ils permettent aux services ATS d'assurer un bon service aux aéronefs (obtenir des comptes rendus de position, commencer ou terminer le service fourni à un aéronef); ou
- 3) parce qu'ils permettent au service ATC de définir les changements d'itinéraires de vol lorsque la situation globale de la situation l'exige (nouvelle autorisation donnée aux vols quant à la route et/ou au niveau à observer entre points spécifiés, etc.);
 - les points qui intéressent à la fois les pilotes et les services ATS mais pendant des périodes de temps limitées et pour des phases déterminées du vol seulement. Ces points ne font pas normalement partie des données échangées entre les organes ATS et ne servent habituellement qu'à définir des trajectoires de vol déterminées à suivre lorsque des autorisations ad hoc sont émises par le service ATC (par exemple points situés le long d'itinéraires dans une TMA, points où un aéronef peut s'attendre à être autorisé à changer de niveau ou encore points où une autorisation de conduire le vol d'une manière déterminée commence ou finit, etc.);
 - les points qui n'intéressent que les services ATS, par exemple les points de transfert de communications et/ou de contrôle, les points d'entrée et de sortie dans des portions déterminées de l'espace aérien contrôlé, etc. En général, ces points ne sont établis que pour servir entre deux organes ATC voisins. Les renseignements

concernant la progression des vols par rapport à ces points seront exclusivement échangés entre les deux organes en question.

sur certains des aspects supplémentaires concernant la désignation des routes ATS, s'applique aussi à l'établissement des points significatifs. En fait, l'expérience acquise mondialement dans le domaine de l'administration des indicatifs destinés aux points significatifs qui ne sont pas repérés par l'emplacement d'une aide radio à la navigation (noms de code) semble indiquer que l'établissement de points significatifs devrait se limiter aux points significatifs, tandis que la désignation de tous les autres points, devrait être laissée à l'initiative locale ou, s'il y a lieu, régionale. Cette restriction d'application aux cas semble possible, compte tenu du fait que le besoin initial stipulé en ce qui concerne la nécessité que chaque nom de code soit unique à l'échelle mondiale ne semble plus valide. [2]

I.5.4 Itinéraires dans les régions de contrôle terminales

Conformément aux dispositions pertinentes, des itinéraires normalisés de départ (SID) et des itinéraires normalisés d'arrivée (STAR) peuvent être établis lorsque cette mesure est nécessaire pour faciliter :

- a) le maintien d'un acheminement sûr, ordonné et rapide de la circulation aérienne;
- b) la description de la route et des procédures à suivre dans les autorisations du contrôle de la circulation aérienne.

De ce qui précède, on peut déduire que de tels itinéraires ne sont normalement nécessaires dans les TMA qu'aux aérodromes très fréquentés où l'itinéraire initial de départ et/ou d'arrivée risque d'être complexe compte tenu de l'utilisation qui est faite des pistes et/ou des rapports variables qui peuvent exister entre les circuits de départ et d'arrivée qui sont utilisés en fonction des conditions météorologiques et/ou des conditions de la circulation.

Lorsque le besoin de tels itinéraires a été déterminé, il faut assurer leur alignement de manière que, pour les suivre, les pilotes n'aient pas besoin de déployer une habileté excessive en navigation ni de placer leur aéronef dans des situations voisines du minimum de sécurité acceptable du point de vue de la vitesse et/ou des changements de direction. Ces considérations sont essentielles car, lorsqu'ils suivent ces itinéraires, les pilotes se trouvent dans une phase critique du vol et la charge de travail dans le poste de pilotage est déjà très lourde après le décollage ou lors des préparatifs en vue de l'atterrissage. Des éléments indicatifs sur l'établissement des itinéraires normalisés de départ et d'arrivée.

La nécessité de tenir compte des règlements antibruit à certains aérodromes est devenue une question importante. Il faut considérer les SID et les STAR dans le contexte des procédures

et/ou des manœuvres spéciales antibruit pour veiller à ce qu'elles soient totalement intégrées et constituent un ensemble opérationnel cohérent répondant aux deux objectifs. De plus, les procédures antibruit ne doivent en aucun cas compromettre la conduite sûre et efficace de la phase de vol à laquelle elles s'appliquent [3].



Figure I-3 Etablissement des points significatifs

Chapitre II. Différents types de service

II.1 Introduction

Les différents types de service de la circulation aérienne (ATS) qu'il y a lieu de fournir sont fonction des objectifs des services ATS qui sont spécifiés. Sur le plan des généralités, par conséquent, tout ou presque a déjà été dit au chapitre précédent. Nous n'évoquerons donc dans le présent chapitre qu'un certain nombre de conditions précises qui s'appliquent à chaque type de service ATS pris en particulier.

II.2 Service d'information de vol

II.2.1 Généralités

D'une manière générale, les services d'information de vol (FIS) ont pour tâche de compléter et d'actualiser en cours de vol les renseignements sur les conditions météorologiques, l'état des aides à la navigation et autres sujets pertinents (exercices, espaces aériens réservés, etc.) que le service météorologique (MET) et le service d'information aéronautique (AIS) ont fournis au pilote avant son départ, afin qu'il soit constamment averti, avec tous les détails nécessaires, de tout ce qui peut être de nature à influencer la conduite sûre et efficace de son vol. Si le service d'information de vol a été confié au service ATS, bien que les renseignements émanent en général d'autres services au sol [exploitants d'aéroports, services météorologiques (MET) et télécommunications (COM)], c'est parce que le service ATS est le service au sol qui est le plus fréquemment en contact avec les pilotes. Il s'ensuit que, si le service ATS est responsable de la transmission de ces renseignements, c'est aux services dont ils proviennent qu'il incombe de les émettre en premier lieu, de veiller à leur exactitude, de les vérifier et de les communiquer au service ATS en temps utile.

Ce principe ne s'applique toutefois pas aux renseignements fournis dans l'espace aérien non contrôlé en ce qui concerne les vols qui se déroulent à proximité d'un aéronef donné. Ce genre de renseignement doit être fourni chaque fois qu'il est de nature à aider les pilotes intéressés à éviter un risque d'abordage. Comme, par ailleurs, de tels renseignements ne peuvent être fournis dans l'espace aérien non contrôlé que pour les aéronefs dont la présence est connue et comme, même dans ce cas, les renseignements peuvent être d'une exactitude

douteuse quant à la position et aux intentions des aéronefs en cause, l'organe qui fournit le service d'information de vol n'assume nullement la responsabilité de le fournir d'une manière permanente ni de garantir l'exactitude de ses renseignements. Les pilotes doivent être clairement avertis de ce fait lorsque de tels renseignements leur sont communiqués.

Lorsque le service d'information de vol est le seul dont bénéficie la circulation en route, il est généralement fourni aux aéronefs par un centre d'information de vol (FIC). Lorsqu'il est fourni aux aéronefs qui se trouvent sur un aéroport donné ou au voisinage de cet aéroport, il s'agit d'un service d'information de vol d'aéroport (AFIS). Les organes qui fournissent le service AFIS ne font pas nécessairement partie des services ATS nationaux mais peuvent agir en leur nom par délégation de pouvoirs.

En ce qui concerne la fourniture de services d'information de vol à la circulation en route, les responsables de la planification ne doivent pas perdre de vue qu'il faut parvenir à un équilibre raisonnable entre les obligations imposées aux pilotes (dépôt des plans de vol, comptes rendus de position et clôture des plans de vol) et les possibilités dont dispose le service d'information de vol pour utiliser efficacement ces renseignements dans l'exercice de ses fonctions. Il n'est guère utile, par exemple, d'exiger des pilotes qu'ils communiquent fréquemment leur position si leurs comptes rendus ne sont pas utilisés pour fournir un service efficace d'évitement des abordages, pas plus qu'il n'est utile d'obliger les pilotes à clore leur plan de vol si cela ne présente d'utilité que sur le plan administratif. Les dispositions qui régissent les vols non contrôlés à l'intérieur des FIR doivent donc être envisagées dans l'optique du développement prévu des services d'information de vol à fournir ce qui, de son côté, doit faire l'objet d'une évaluation réaliste des besoins potentiels, notamment en ce qui concerne la sécurité des vols, sans oublier de tenir compte du rapport coût-efficacité. Une bonne couverture des télécommunications air-sol est particulièrement importante à cet égard.

Dans un certain nombre d'États dont le territoire est très étendu et où l'on fournit des services à de très nombreux vols de l'aviation générale, on a constaté que, plutôt que d'essayer de fournir les services d'information de vol à ces aéronefs à partir de FIC centraux ou de sections FIS spéciales attachées à des centres de contrôle régional (ACC), on peut fournir un meilleur service en implantant des stations FIS en des points stratégiques et en les dotant de personnel qui, tout en étant parfaitement qualifié pour assurer ce service, n'est pas composé de contrôleurs de la circulation aérienne totalement qualifiés. Grâce à cet arrangement, on peut aussi éviter la nécessité éventuelle de fournir à grands frais, dans

chaque région d'information de vol (FIR), une couverture de télécommunications VHF commandée à distance à partir d'un point central.

Une fois ces stations établies, on a constaté qu'il serait à la fois plus économique et plus commode pour les pilotes sur le plan opérationnel de s'en servir également pour fournir l'exposé verbal avant le vol aux pilotes qui n'utilisent pas des aérodromes dotés d'organes MET et AIS distincts. En fait, l'expérience montre que, si l'on consent un effort supplémentaire relativement minime en matière de formation et de coût, ces stations sont en mesure de fournir un service satisfaisant à l'aviation générale, alors que, sans elles, ce même service coûterait très cher et/ou imposerait aux pilotes des efforts supplémentaires inutiles pour obtenir un exposé verbal avant le vol, ce qui les obligerait à prendre contact avec deux ou trois services différents.

On trouvera à l'Appendice A un exemple de la méthode décrite ci-dessus, qui consiste à combiner le service d'information de vol avec d'autres services.

II.2.2 Service d'information de vol d'aérodrome

Pour compléter les dispositions pertinentes des Procédures pour les services de navigation aérienne — Règles de l'air et services de la circulation aérienne (PANS-RAC, Doc 4444) concernant le service AFIS, il y a lieu de noter qu'à mesure que la circulation se développe sur un aérodrome et à ses abords, ce type de service doit être ajusté de manière que le service lui-même et son contenu répondent constamment à tous les besoins pratiques existants. De plus, on a souvent constaté que, dans les premiers temps, le service AFIS peut très bien être assuré par du personnel qui n'appartient pas au service ATS, dont la présence sur l'aérodrome est nécessaire pour d'autres raisons, mais qui a été convenablement formé en vue de cette tâche, dans la mesure où des dispositions claires et précises concernant les fonctions et les responsabilités de ce personnel ont été conclues.

Cependant, dans les cas où l'on peut envisager qu'à l'occasion de développements ultérieurs de l'aérodrome, il faudra doter celui-ci d'une tour de contrôle dans un avenir prévisible, la planification du service AFIS devrait atteindre le stade de la mise en œuvre bien avant que les besoins s'en fassent réellement sentir, notamment en ce qui concerne la disponibilité d'un personnel convenablement formé.

II.2.3 Emploi d'émissions pour le service d'information de vol

Les dispositions de l'Annexe 11 concernant le service d'information de vol pour l'exploitation (OFIS) et le service automatique d'information de région terminale (ATIS) par voie d'émissions spécifient le type de renseignements qu'il y a lieu de fournir et la manière dont ces renseignements doivent être fournis. Il semble donc inutile de répéter ces données dans le présent manuel. Toutefois, dans le cadre de l'exposé relatif à ces services, des éléments indicatifs sur la composition des messages correspondants ont également été rédigés.

II.2.4 Service d'information de vol pour l'exploitation

Des essais, effectués dans la Région Europe (EUR) en ce qui concerne les émissions du service d'information de vol pour l'exploitation (OFIS) ont révélé, semble-t-il, que ce système permettrait de réaliser des économies par rapport aux autres méthodes utilisées pour fournir les mêmes services, dans la mesure où :

- a) les renseignements fournis sont choisis avec soin de manière à répondre à la demande de la majorité des aéronefs qui reçoivent les émissions;
- b) les emplacements d'où partent les émissions sont choisis avec soin de manière à englober les principales régions terminales et les grandes voies de circulation avec un minimum de chevauchement;
- c) les tout derniers progrès dans le domaine des émetteurs radio automatiques sont exploités au maximum;
- d) la gestion de l'application du principe des émissions OFIS est soumise à un minimum de conditions.

De plus, il paraît évident que le service OFIS serait utile car il permettrait d'aider matériellement les usagers à réaliser le maximum d'économies dans leur exploitation aérienne.

II.2.5 Service automatique d'information de région terminale

Le service automatique d'information de région terminale (ATIS) dépend beaucoup plus des considérations locales que ce n'est le cas pour le service OFIS. Il est donc indispensable d'examiner très attentivement pour chaque aéroport, s'il y a lieu de remplacer par une émission la méthode «demande/réponse» individuelle pour fournir les renseignements voulus aux aéronefs, afin de veiller à ce qu'une telle mesure

ne présente pas seulement des avantages opérationnels notables aux usagers et aux organes ATS fournisseurs, mais aussi que ces avantages présentent un rapport coût-efficacité raisonnable. Les éléments à prendre en compte pour déterminer la nécessité du système ATIS sont les suivants :

- e) densité de la circulation à l'aérodrome sur des périodes de temps prolongées. Selon l'expérience pratique acquise dans un État important, il semble qu'un minimum de vingt-cinq vols par heure pendant une période de trois heures constitue la limite inférieure permettant d'admettre que le système ATIS répond à un besoin;
- f) fréquence à laquelle on observe des conditions critiques, météorologiques ou autres, qui concernent les vols à l'arrivée et au départ de l'aérodrome en question;
- g) composition de la circulation aérienne utilisant l'aérodrome, du point de vue des caractéristiques des aéronefs et des procédures de départ et d'approche qui en résultent.

Pour être valable, la transmission systématique des renseignements doit répondre au cas le plus exigeant, tant en ce qui concerne le contenu que la distance à laquelle les renseignements doivent être reçus. Selon la composition de la circulation, la fourniture du service ATIS devra donc, dans certains cas, répondre aux besoins d'un nombre relativement faible d'usagers. C'est là un fait que l'on ne doit jamais perdre de vue.

Il y a lieu de noter également que, vu la demande relative à la couverture de ces émissions, (sur la base de la demande justifiée la plus élevée), la mise en œuvre du service ATIS peut imposer des demandes importantes au spectre radioélectrique disponible (VHF). Cela risque d'accroître les difficultés que rencontrent les responsables de la planification en ce qui concerne l'assignation des fréquences pour répondre à la demande totale de voies VHF si cette demande est particulièrement élevée dans une région déterminée (par exemple la Région EUR).

On estime donc essentiel que la décision de mettre en œuvre le service ATIS à un emplacement déterminé soit prise à la suite d'une étude montrant que les avantages que ce service permet d'obtenir (essentiellement une réduction de la charge de travail imposée au personnel ATS) l'emporteront sur les inconvénients, y compris ceux qui résultent des augmentations de coûts liées à l'équipement nécessaire pour assurer ce service. Dans certains cas, il sera également judicieux de réduire la fourniture du service ATS aux seules périodes de la journée pendant lesquelles la densité de la

circulation rend ce service souhaitable, afin de réduire à des proportions acceptables la charge des communications air-sol imposées au service ATS. On notera toutefois que, si l'on procède de cette manière, cela ne permettra guère de résoudre les problèmes d'encombrement des fréquences lorsqu'ils sont particulièrement susceptibles de se poser [4].

II.2.6 Émissions par les aéronefs d'informations sur le trafic et procédures d'exploitation correspondantes

Lorsqu'il est nécessaire de fournir aux aéronefs évoluant à l'extérieur des régions et des zones de contrôle des renseignements supplémentaires aux informations sur les risques d'abordage, ou lorsqu'il y a des perturbations temporaires des services d'information de vol, les émissions par les aéronefs d'informations sur le trafic (TIBA) peuvent être utilisées dans certaines régions désignées.

II.3 Service d'alerte

Tous les services ATS ont la responsabilité d'assurer le service d'alerte et ce service doit être assuré à tous les aéronefs dont un organe ATS connaît la présence. Les procédures nécessaires pour assurer ce service sont suffisamment traitées dans la partie pertinente de l'Annexe 11 et nous nous contenterons donc, dans le présent manuel, de souligner un seul aspect qui, dans certains cas, donne lieu à des difficultés. Cet aspect concerne la coopération avec les autres organismes intéressés lorsque l'on sait ou que l'on croit qu'un aéronef est dans une situation critique ou fait l'objet d'un acte d'intervention illicite.

Pour assurer une telle coopération, les accords nécessaires doivent être conclus entre les parties intéressées. Ces accords ne doivent pas seulement concerner les aspects de procédure, c'est-à-dire «qui doit faire quoi» dans un ensemble donné de circonstances, mais ils doivent aussi englober tous les moyens de communications disponibles qui peuvent être utilisés pour aider un aéronef qui se trouve dans une situation critique ou fait l'objet d'un acte d'intervention illicite. De plus, l'accord doit donner expressément les noms des personnes à contacter, ainsi que tous les autres renseignements disponibles. Les cas qui nécessitent l'intervention du service d'alerte sont rares mais, lorsqu'ils se produisent, ils exigent un fonctionnement parfait de toutes les parties en cause. Il faut donc que ces accords fassent l'objet d'une révision à intervalle régulier et que des essais de communications soient effectués assez fréquemment pour garantir que tous les intéressés sont parfaitement au courant des dispositions convenues

et les appliquent avec l'efficacité optimale. Ces essais devraient aussi permettre d'évaluer et d'amender les arrangements existants en fonction de l'évolution de la situation, de manière à les tenir constamment à jour.

Sachant qu'un certain nombre des organismes qui sont appelés à intervenir lorsqu'un aéronef fait l'objet d'un acte d'intervention illicite ne connaissent pas très bien l'aviation ni les conditions particulières dans lesquelles fonctionnent les services ATS, il semblerait également utile que certains membres du personnel de ces organismes soient invités à rendre visite à des installations ATS pour se familiariser avec les procédures des services de la circulation aérienne qui peuvent influencer sur la planification des interventions. Ces visites pourraient aussi fournir l'occasion d'examiner et de résoudre des problèmes d'intérêt mutuel [4].

II.4 Contrôle d'aérodrome

Pour compléter les dispositions concernant la fourniture du contrôle d'aérodrome, il y a deux aspects qu'il faut prendre en compte du point de vue de leur planification et de leur fonctionnement. Il s'agit des aspects suivants

- a) Coopération entre la tour de contrôle d'aérodrome et les autres organes chargés de la fourniture de services à l'aérodrome sur lequel la tour est située;
- b) Arrangements internes prévoyant le partage des tâches en ce qui concerne la fourniture du service de contrôle d'aérodrome dans les cas où l'on a besoin de plusieurs contrôleurs en service.

En ce qui concerne la coopération entre la tour de contrôle d'aérodrome et les autres organes, il est indispensable que des arrangements détaillés soient conclus entre la tour et les organes qui seront probablement appelés à exercer des activités sur l'aire de manœuvre de l'aérodrome, de manière que la tour puisse assurer sa propre fonction de contrôle sur les aéronefs qui évoluent dans cette zone sans entraîner de conflits et sans créer de situations dangereuses pour les aéronefs placés sous son contrôle. Cela s'applique particulièrement dans les cas où des travaux d'entretien ou de construction sont en cours sur l'aire de manœuvre.

Quant à la fourniture de services aux aéronefs et autres véhicules qui circulent sur l'aire de trafic, il est désormais courant de désigner cette tâche par l'expression service de gestion d'aire de trafic et il est admis que ce service doit être assuré de manière à aider les pilotes et les personnes chargées de la conduite des véhicules qui se déplacent sur l'aire de trafic à

éviter toute collision et à réaliser la cohérence des mouvements qui se déroulent sur cette aire. Pour assurer ce service, on peut procéder à des arrangements systématiques définissant les routes que doivent suivre les différents participants qui constituent l'ensemble de la circulation sur l'aire de trafic et/ou guider chaque aéronef ou véhicule individuellement, soit verbalement, soit en utilisant d'autres signaux appropriés. Sur les petits et moyens aérodromes, où la tour de contrôle a une vision totale de l'aire de trafic, c'est à cette tour qu'il est préférable de confier ce service de gestion car cela lui permet de maintenir l'unité du service et évite tout transfert de responsabilité en ce qui concerne l'aire de transition entre l'aire de trafic et l'aire de manœuvre.

Par contre, sur les grands aérodromes dotés d'aires de trafic très étendues, on se trouve souvent dans une situation où la tour de contrôle n'est pas en mesure d'avoir une vision totale des surfaces qui composent cette aire car l'ensemble est trop complexe et, dans ces conditions, il ne serait pas possible de confier à la tour le service de gestion d'aire de trafic. En pareil cas, ce service doit être assuré par un organe spécial qui n'est pas normalement fourni par l'exploitant d'aérodrome. Si un organe spécial assure le service de gestion d'aire de trafic, il faut toutefois veiller à ce que des accords soient expressément conclus entre l'organe ATS en cause et l'exploitant d'aérodrome et ces accords doivent définir en détail les domaines respectifs de responsabilité de chacun sur l'aérodrome, ainsi que les procédures à employer pour desservir la circulation au sol. Ces accords s'appliquent particulièrement aux méthodes utilisées sur l'aire de transition entre l'aire de trafic et l'aire de manœuvre, de manière à éviter d'éventuelles incompatibilités entre les méthodes employées.

Quant aux arrangements internes relatifs au partage des tâches lorsqu'il y a plusieurs contrôleurs en service, c'est de toute évidence une question qui relève dans une grande mesure du domaine de la gestion des installations. Il faut toutefois se rendre compte que tout arrangement conclu à cet égard doit être dicté avant tout par des considérations d'exploitation, c'est-à-dire par la sécurité et l'efficacité du service fourni à la circulation et non par des considérations de commodité administrative ou autres considérations étrangères à l'exploitation.

II.5 Contrôle d'approche

Lorsqu'il a été décidé qu'il est justifié de fournir un service de contrôle d'approche (APP) sur un aérodrome donné ou pour desservir plusieurs aérodromes situés à proximité immédiate les uns des autres et qu'il est par conséquent efficace de fournir ce service à partir d'un seul bureau de contrôle, il y a lieu, en ce qui concerne la planification et le fonctionnement d'un tel organe, de tenir compte des aspects ci-dessous ;

- a) arrangements de coopération entre le contrôle d'approche et la (ou les) tours de contrôle d'aérodrome qui lui sont associées;
- b) arrangements internes entre le contrôleur en ce qui concerne la tâche consistant à fournir le service de contrôle d'approche;
- c) mesures nécessaires pour veiller à ce que la présence simultanée d'aéronefs volant conformément aux règles de vol aux instruments (IFR) et aux règles de vol à vue (VFR) sur l'aérodrome et à ses abords ne compromette pas la sécurité de l'exploitation aérienne.

Il est évident que les accords de coopération entre le contrôle d'approche et la tour de contrôle de l'aérodrome, ou entre ce même contrôle d'approche et les tours de contrôle lorsque plusieurs aérodromes sont desservis par un contrôle d'approche commun, doivent être fondés exclusivement sur des considérations d'ordre opérationnel de manière à assurer le débit optimal de la circulation aérienne (conditions météorologiques, composition de la circulation aérienne à l'arrivée et au départ, etc.). Il est également évident que le contrôle d'approche et la (ou les) tours de contrôle doivent faire preuve du maximum de souplesse dans l'exercice de leurs fonctions afin d'obtenir les meilleurs résultats, quelles que soient les circonstances. Pour réaliser une telle souplesse, on peut par exemple fournir au contrôle d'approche et aux tours de contrôle d'aérodrome des moyens qui leur permettent de juger de la situation à chaque emplacement et de prendre les mesures nécessaires lorsque le besoin s'en fait sentir sans se voir obligés de perdre un temps précieux pour assurer une coordination verbale.

Pour obtenir cette souplesse, on peut par exemple installer un écran radar dans la tour de contrôle, utiliser un système de télévision en circuit fermé ou d'autres dispositifs de visualisation (vidéo) fournissant toutes les données de vol en temps réel pour chaque

emplacement. De plus, il faut veiller à ce que les liaisons vocales entre le contrôle d'approche et la tour de contrôle soient instantanées, fiables et de qualité suffisante pour qu'il y ait le moins possible de difficultés de compréhension.

En ce qui concerne les arrangements internes en vertu desquels les contrôleurs se partagent la tâche de fournir le contrôle d'approche, l'expérience semble montrer que la meilleure solution consiste essentiellement à répartir le travail entre ceux qui contrôlent la circulation à l'arrivée et ceux qui contrôlent la circulation au départ, sauf si l'on a conclu d'autres arrangements aux termes desquels la circulation au départ est transférée directement de la tour de contrôle d'aérodrome à l'ACC qui lui est associé. Quel que soit le cas, les considérations opérationnelles visant à la sécurité et à l'efficacité de l'écoulement de la circulation aérienne doivent avoir priorité sur toute autre considération lorsqu'on élabore de tels arrangements.

Étant donné que le contrôle d'approche concerne en premier lieu les vols IFR contrôlés sur un aérodrome ou à ses abords, il se trouve nécessairement aux prises avec le problème qui consiste à éviter les situations dangereuses qui risquent de se créer du fait de la présence simultanée de vols IFR contrôlés et de vols VFR dans le même espace aérien. Des méthodes permettant de pallier, ou tout au moins de réduire les dimensions de ce problème à un niveau acceptable sont actuellement à l'étude, mais il semble souhaitable d'évoquer certaines considérations fondamentales qui s'appliquent d'ores et déjà à cette question.

Du point de vue des services ATS, il faut préciser avant tout que l'interdiction des vols VFR aux aérodromes où des vols IFR se déroulent n'est certainement pas la meilleure solution à appliquer au problème de la présence simultanée de vols IFR et VFR dans le même espace aérien. En procédant ainsi, on prive certains usagers d'un espace aérien et d'installations et services qui devraient normalement être mis à la disposition de tous sur un pied d'égalité. Par ailleurs, il est non moins évident que, s'il existe une probabilité de risque d'abordage, il faut accepter un degré raisonnable d'intervention dans la liberté d'exploitation des vols VFR, soit que l'on exige que les pilotes qui participent à ces vols aient des compétences qui ne sont pas normalement requises pour la conduite des vols VFR (connaissance des systèmes de radiocommunications et/ou de certains systèmes de navigation) et que les aéronefs soient dotés de certains équipements de radiocommunications et/ou de navigation, soit que les vols VFR soient limités à certaines zones et/ou à certaines

routes et qu'ils soient tenus de se conformer à des procédures spéciales en plus de celles qui sont normalement exigées sur les aérodromes et à leurs abords.

Le choix des mesures à prendre dépendra dans une large mesure des conditions locales à l'aérodrome dont il s'agit ainsi que des types de circulation qui l'utilisent. De toute manière, on ne devra prendre de telles mesures qu'après avoir consulté toutes les parties intéressées et lesdites mesures ne devront jamais être de nature à imposer des exigences injustifiables aux pilotes VFR, qu'il s'agisse des coûts liés à l'installation d'équipements supplémentaires à bord de leurs aéronefs ou des coûts liés à l'acquisition et au maintien de compétences supplémentaires sous la forme de licences spéciales, etc..

II.6 Contrôle régional

En ce qui concerne la fourniture du service de contrôle régional, les procédures que doivent appliquer les ACC sont spécifiées dans l'Annexe 11 et il n'y a donc pas lieu de les répéter ici. Il faut toutefois préciser un certain nombre d'aspects relatifs à la fourniture de ce service de contrôle car ils peuvent influencer de manière significative sur la procédure appliquée par les ACC. Ces aspects concernent :

- a) la coordination et les arrangements de coopération conclus avec d'autres organes du contrôle de la circulation aérienne (ATC);
- b) les arrangements généraux de travail;
- c) le contrôle fondé sur l'intégration et l'utilisation du radar.

La coordination joue un rôle essentiel dans la fourniture du service de contrôle régional et la manière dont la question a été résolue peut influencer de manière significative sur l'efficacité du fonctionnement d'un ACC. On notera également que la coordination dans les ACC peut se subdiviser comme suit :

- a) coordination avec les ACC voisins;
- b) coordination avec les organes ATC qui assurent des services à l'intérieur de la même FIR et qui sont desservis par l'ACC en question;
- c) coordination à l'intérieur de l'ACC en cause.

Les mesures de coordination avec les ACC voisins doivent être fréquentes car, au niveau international, un ou plusieurs ACC voisins de l'installation en question peuvent être

situés dans des États différents du fait de la configuration géopolitique d'une région donnée. Dans les cas où un seul ACC fournit des services sur tout le territoire d'un État donné, on constate souvent que la coordination entre un ACC et l'un quelconque des ACC voisins suppose que l'on traite avec l'administration d'un État voisin, ce qui suppose des règles administratives différentes et éventuellement des modes de pensée différents. En pareil cas, il est donc extrêmement important que l'élaboration des arrangements de coordination s'effectue strictement au niveau opérationnel, qu'elle soit fondée sur les considérations purement opérationnelles et qu'elle soit, autant que possible, exempte de toute intervention à caractère administratif ou non technique. Il faut aussi souligner que, dans toute la mesure du possible, ces arrangements de coordination devraient être élaborés à l'occasion de réunions entre les personnes directement intéressées et non par correspondance car on a constaté que de telles réunions permettent de résoudre des problèmes parfois compliqués beaucoup plus vite et avec de bien meilleurs résultats que n'importe quelle autre méthode [4].

Par ailleurs, les arrangements de coopération de ce genre devraient être soumis à un examen permanent visant à les actualiser chaque fois qu'on constate que c'est nécessaire, soit parce que les conditions sur lesquelles ils ont été fondés ont été modifiées, soit parce que l'expérience acquise au cours de leur application a montré que des améliorations étaient possibles.

Quant à la coordination entre un ACC et les organes ATC qui lui sont associés, c'est-à-dire le contrôle d'approche et la tour de contrôle d'aérodrome, ce que nous avons dit au paragraphe précédent reste valable en grande partie, si ce n'est que cette coordination ne concerne pas normalement deux administrations différentes. Il importe toutefois que, lorsqu'on conclut de tels arrangements, ils ne soient pas influencés par des questions de compétence ou des considérations liées à l'importance relative de chacun des organes intéressés vis-à-vis de l'autre. Ce point n'est soulevé que parce que l'expérience semble montrer que, dans certains domaines, lorsque de telles questions se posent, elles risquent d'affecter gravement l'efficacité des arrangements conclus et qu'il faut des années pour ramener la situation à la normale étant donné les éléments émotionnels en cause.

En ce qui concerne les arrangements internes de travail et la coordination à l'intérieur d'un même ACC, Il suffira donc de signaler ici que les arrangements internes de travail peuvent avoir un effet considérable, positif aussi bien que négatif, sur le fonctionnement d'un ACC, du point de vue de son efficacité et de son aptitude à acheminer la circulation. Il

importe donc une fois encore que, dès les débuts de la planification, les arrangements internes de travail concernant le personnel d'exploitation soient totalement intégrés au processus de planification et que, dans la mesure du possible, on procède à des essais en simulation afin de déterminer quelle sera la configuration opérationnelle la plus efficace de l'ACC. [5]

De plus, comme la situation dans un ACC est sujette à de fréquentes modifications, dues principalement aux variations du volume, de la densité et de l'orientation des courants de circulation, il est indispensable que cette question soit examinée et étudiée de façon permanente afin que les changements nécessaires puissent être effectués en temps utile.

Il y a un autre aspect relatif à la coordination qui concerne la situation dans laquelle un ACC est doté d'équipements radar pour contrôler la circulation dans une partie ou dans la totalité de sa région de responsabilité. Normalement, les dispositions initiales prévoient que le contrôle radar complétera le contrôle fondé sur les moyens conventionnels et que l'intégration totale du radar en tant que moyen systématique de contrôle s'effectuera graduellement et seulement une fois qu'on aura établi que cette intégration peut s'effectuer en toute sécurité. L'expérience montre aussi que, pendant la période où le contrôle s'effectue à la fois par les moyens classiques et par le radar, la nécessité d'une coordination interne augmente et qu'il faut par conséquent doter l'ACC de voies de communications air-sol en supplément de celles qui sont nécessaires dans le cas d'un système entièrement intégré. Ce fonctionnement mixte crée évidemment des besoins supplémentaires dans le spectre de fréquences disponibles, ce qui peut entraîner des difficultés à l'échelle internationale lorsque l'utilisation du spectre radioélectrique a déjà atteint des proportions critiques. Il est donc indispensable que cette étape de l'emploi du radar soit aussi brève que possible, compte tenu des exigences primordiales visant à garantir le maintien de la sécurité du service fourni et que, lorsqu'elle est achevée, les voies de communications vocales et autres exigences supplémentaires soient retirées de manière qu'elles soient à nouveau disponibles pour répondre à d'autres besoins justifiés.

II.7 Service consultatif de la circulation aérienne

Depuis qu'il a été inclus dans les dispositions pertinentes de l'OACI, il a toujours été entendu que le service consultatif de la circulation aérienne devait être considéré comme une

forme intermédiaire et provisoire des services ATS destinée à permettre une transition coordonnée et progressive entre le service d'information de vol (en route ou aux abords des aérodromes) et le contrôle de la circulation aérienne proprement dit. Il faut donc admettre que le service consultatif de la circulation aérienne ne peut et ne doit en aucun cas constituer une fin en soi et qu'il ne doit être institué que pour permettre au personnel de contrôle d'acquiescer, pendant un laps de temps limité, l'expérience nécessaire pour assurer un service ATC complet en permettant à ce personnel d'agir comme s'il contrôlait la circulation aérienne sans toutefois assumer la totalité des responsabilités inhérentes à la fourniture de ce service.

Il est donc essentiel, lorsqu'on veut instituer un service consultatif de la circulation aérienne, d'expliquer clairement aux usagers en quoi consiste ce service afin qu'il n'y ait aucun malentendu sur la qualité des renseignements qu'ils doivent en attendre. Il est toutefois également important de demander une coopération totale à l'intérieur de ce service afin que l'étape transitoire du développement des services ATS soit aussi brève que possible. En même temps, il semblerait souhaitable que, dès le début, les responsables de la planification déterminent une ou plusieurs dates qu'ils se fixeront comme objectif, en coopération avec le personnel d'exploitation intéressé, et de procéder, à ces dates, à un examen du service en vue de l'élever au niveau d'un service ATC à part entière.

On notera que récemment, en rapport avec les difficultés créées par la présence simultanée de vols IFR et VFR autour de certains aérodromes très fréquentés, certains États ont institué un «service consultatif de la circulation aérienne» pour les vols VFR avec les intentions suivantes :

- a) maintenir ces vols séparés des vols IFR qui opèrent dans la même région générale;
- b) leur donner des avis sur la conduite de leur vol et sur les autres aéronefs qui opèrent en VFR dans leur voisinage.

Un tel service est assuré en vue de réduire les risques potentiels d'abordage sans qu'il soit nécessaire d'imposer des conditions trop restrictives aux vols VFR. Si ce service se généralise et s'il est reconnu par l'OACI, il serait de nature à modifier le principe fondamental du service consultatif de la circulation aérienne [4].

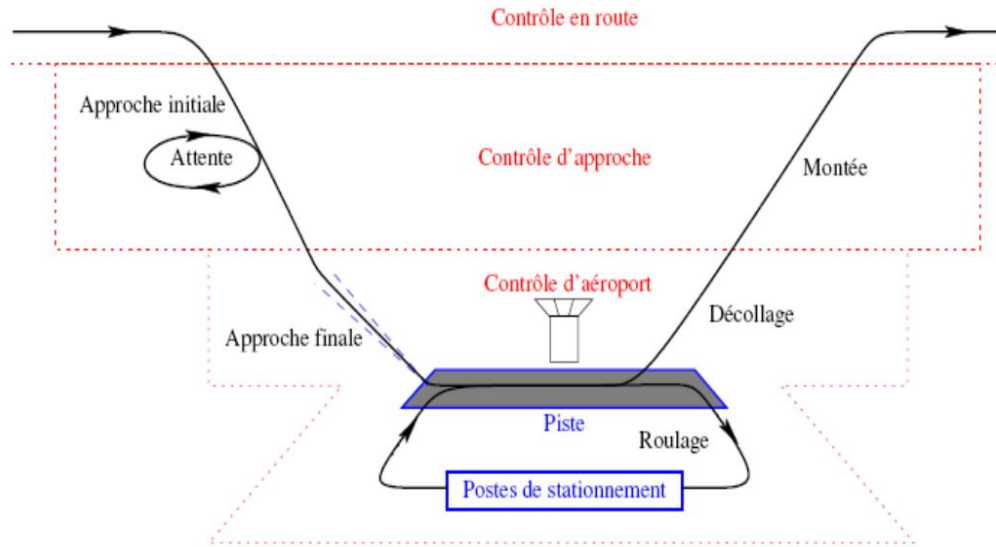


Figure II-1 différent type de control

Chapitre III. Gestion des courants de trafic aérien et régulation

III.1 Introduction

L'objet du service de gestion des courants de trafic aérien (Air Traffic Flow Management ou ATFM) est d'optimiser les courants de trafic aérien se dirigeant vers des régions, ou traversant des régions, lorsque la demande dépasse ou qu'il est prévu qu'elle va dépasser la capacité disponible du système de contrôle de la circulation aérienne (ATC). L'expression «gestion des courants de trafic aérien (ATFM)» recouvre toutes activités relatives à l'organisation et à l'acheminement des courants de trafic aérien de façon que, tout en assurant que les vols des différents aéronefs se dérouleront de façon sûre, ordonnée et rapide, la totalité du trafic présent à un endroit donné ou dans une région donnée sera compatible avec la capacité du système de contrôle de la circulation aérienne (ATC). Le terme capacité ATC traduit l'aptitude du système ATC ou de l'un quelconque de ses sous-systèmes ou postes de travail à fournir le service aux aéronefs au cours des activités normales; la capacité ATC s'exprime en nombre d'aéronefs pénétrant dans une portion déterminée de l'espace aérien au cours d'une période de temps donnée. La capacité de pointe maximale réalisable pendant de courtes périodes de temps peut être nettement plus élevée que la capacité qui peut être tenue de façon durable. L'ATFM permet d'aider l'ATC à atteindre ses principaux objectifs : prévenir les collisions entre aéronefs, accélérer et maintenir l'écoulement ordonné de la circulation aérienne, ainsi que réaliser l'utilisation la plus efficace de l'espace aérien disponible et de la capacité aéroportuaire. Pour être efficace, le service ATFM doit bénéficier d'une coopération et d'une coordination continue avec les organes ATC participants et avec les différents utilisateurs de l'espace aérien.

Dans la planification et la gestion de l'espace aérien, les États doivent chercher à maximaliser la sécurité aérienne, à fournir une capacité suffisante pour répondre à la demande de trafic normale, à assurer l'utilisation maximale de l'espace aérien, à assurer la compatibilité avec l'évolution sur le plan international, et à réaliser l'équilibre entre les besoins légitimes, mais parfois peu compatibles, de tous les utilisateurs. La gestion de l'espace aérien (Airspace Management ou ASM) doit avoir pour objectif d'exploiter le plus efficacement possible l'espace aérien, conformément aux besoins des différents utilisateurs de l'espace aérien. Dans certains cas d'incompatibilité des besoins, il se peut que la sectorisation de l'espace aérien soit la seule solution faisable pour la gestion du trafic aérien.

Toutefois, pour réaliser l'utilisation maximale de l'espace aérien, il est indispensable d'améliorer la coordination civile/militaire, avec partage de l'espace aérien, soit simultanément, soit en partage du temps, compte tenu des différents niveaux d'équipement des aéronefs et des éléments de l'ATC.

L'utilisation la plus efficace de l'espace aérien disponible et de la capacité aéroportuaire ne peut se réaliser que si tous les éléments concernés du système de la circulation aérienne ont été pris en compte au cours de la planification, au moyen d'une méthode d'analyse des systèmes. L'écoulement de la circulation est freiné par les étranglements dans le système; une limitation en un point quelconque du système contribue à restreindre la capacité. C'est pourquoi ni le système aéroportuaire ni le système de navigation aérienne ne doit être examiné séparément dans la planification des améliorations du système.

L'utilisation de l'espace aérien ne peut aujourd'hui être considérée comme «optimale» et/ou «souple», au sens le plus large, à cause de l'écart qui existe entre la capacité ATC et les besoins des utilisateurs, particulièrement au cours des périodes de pointe du trafic. Le manque de souplesse qui accompagne souvent la structure actuelle à routes fixes empêche l'utilisation la plus efficace de l'espace aérien et l'exécution la plus économique des opérations aériennes. Les insuffisances des systèmes de communication, de navigation et de surveillance (CNS), ainsi que l'absence d'évolution harmonisée des systèmes, sont aussi considérées comme des facteurs qui contribuent aux insuffisances des systèmes actuels. Une planification coopérative trop limitée a conduit notamment à des doubles emplois d'installations à travers les frontières nationales, à un partage insuffisant des données radar, à des variations importantes dans l'application des minimums de séparation, à des procédures compliquées de coordination ATC et à l'application de systèmes différents de niveaux de croisière. Ces insuffisances peuvent aboutir à des retards ou à des réacheminements qui influent de façon défavorable sur la régularité et l'économie des vols. Afin de faire face à la croissance du trafic aérien, il conviendrait d'établir un plan judicieux de gestion de la circulation aérienne (ATM), destiné à optimiser l'utilisation de l'espace aérien ainsi qu'à maintenir l'écoulement ordonné de la circulation aérienne. [6]

III.2 Gestion De La Circulation aérienne (ATM)

III.2.1 Généralités

Le Comité spécial des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) a décrit l'ATM comme comprenant une partie sol et une partie air, les deux étant nécessaires pour assurer la sécurité et l'efficacité des mouvements d'aéronefs au cours de toutes les phases des vols. L'exécution de l'ATM exige une étroite intégration de la partie sol et de la partie air.

L'objectif général de l'ATM, selon la description du Comité FANS, est de permettre aux exploitants d'aéronefs de respecter leurs horaires prévus de départ et d'arrivée ainsi que leurs profils de vol préférés, avec un minimum de contraintes et sans compromettre les niveaux de sécurité convenus.

La partie air de l'ATM, selon le Comité FANS, comprend la capacité fonctionnelle qui est en interaction avec la partie sol pour atteindre les objectifs généraux de l'ATM. La partie sol de l'ATM comprend les fonctions des services de la circulation aérienne (ATS), de la gestion de l'espace aérien (ASM) et de la gestion des courants de trafic (ATFM). Les services de la circulation aérienne sont les principaux éléments de l'ATM.

III.2.2 Services de la circulation aérienne (ATS)

Contrôle de la circulation aérienne (ATC). Les objectifs principaux du service de contrôle de la circulation aérienne consistent à prévenir les collisions entre aéronefs ainsi qu'entre aéronefs et obstacles dans l'aire de manœuvre, et à accélérer et maintenir l'écoulement ordonné du trafic aérien. On peut atteindre ces objectifs en appliquant la séparation entre aéronefs et en donnant aux différents vols des autorisations de vol qui soient aussi proches que possible de leurs intentions déclarées, en tenant compte de la situation réelle de l'utilisation de l'espace aérien et du cadre général des mesures éventuellement appliquées pour effectuer la régulation du trafic aérien.

Service d'information de vol (FIS). L'objet du service d'information de vol est de fournir des avis et des renseignements utiles pour l'exécution sûre et efficace des vols.

Service d'alerte. L'objet du service d'alerte est d'aviser les organismes appropriés au sujet des aéronefs qui ont besoin d'aide de recherches et de sauvetage, et de prêter assistance à ces organismes s'il y a lieu.

III.2.3 Gestion de l'espace aérien (ASM)

L'objet de l'ASM est de maximaliser, à l'intérieur d'une structure donnée d'espace aérien, l'utilisation de l'espace aérien disponible par un partage du temps dynamique et, parfois, par la sectorisation de l'espace aérien entre les différentes catégories d'utilisateurs, sur la base des besoins à court terme. Une étroite coopération entre les autorités compétentes au sujet de l'utilisation attendue et réelle des espaces aériens temporairement réservés devrait aboutir à mettre les renseignements voulus à la disposition de toutes les parties concernées, c'est-à-dire transport aérien commercial, circulation aérienne d'opérations militaires, et aviation générale. L'ASM est aussi un auxiliaire de l'ATC, tout comme l'ATFM.

Pour réaliser les objectifs de l'ASM exposés ci-dessus, les fonctions ci-après sont

nécessaires :

- a) collecte et évaluation de toutes les demandes qui nécessitent une attribution temporaire d'espace aérien;
- b) planification et attribution de l'espace aérien nécessaire aux utilisateurs concernés, lorsque la sectorisation s'impose;
- c) mise en application ou cessation de pareils espaces aériens avec des tolérances de temps suffisamment serrées, en étroite coopération avec les organes ATC et les organes civils ou militaires concernés. L'augmentation du kilométrage parcouru par des aéronefs civils pour éviter des espaces aériens réservés exclusivement à des activités militaires révèle la nécessité d'une coordination civile/militaire plus efficace. Les dimensions, la situation géographique, les besoins et l'utilisation des espaces aériens réservés, des zones dangereuses et des zones réglementées doivent constamment faire l'objet d'un examen attentif, et une utilisation plus efficace de l'espace aérien par la réduction des heures consacrées à pareilles activités devrait être encouragée. Il convient aussi d'envisager l'utilisation de zones d'entraînement militaire. Il faut s'efforcer d'ouvrir

pareilles zones aux vols civils toutes les fois que les circonstances opérationnelles le permettent;

- d) diffusion de renseignements détaillés, tant à l'avance qu'en temps réel, à toutes les parties concernées.

Convient de mettre à la disposition du service ATFM les renseignements sur la situation de l'espace aérien. [6]

III.2.4 Gestion des courants de trafic aérien (ATFM)

Comme il est indiqué en ci-dessus, le service ATFM est institué pour aider l'ATC à assurer l'écoulement optimal de la circulation aérienne à destination ou en provenance de régions déterminées, ou à l'intérieur de ces régions, pendant les périodes de temps où la demande dépasse ou qu'il est prévu qu'elle va dépasser la capacité disponible du système ATC, y compris les aéroports concernés. Il convient de développer l'ATFM dans la mesure nécessaire pour assurer cet écoulement optimal.

L'écoulement optimal de la circulation aérienne n'est pas toujours possible à cause de différents facteurs limitatifs, par exemple des besoins non compatibles des utilisateurs, des limitations du système de navigation aérienne et des conditions météorologiques imprévues. À cet égard, il conviendra d'envisager des mesures pour parer aux difficultés, par exemple la régulation du débit, notamment lorsque le système ATC n'est plus en mesure de faire face entièrement au volume de trafic aérien. Pareilles mesures produisent fréquemment des retards de vols au départ, des attentes en vol, des niveaux de vol peu économiques, des réacheminements et des changements d'itinéraire, des perturbations des horaires des vols, des pénalisations économiques et des consommations supérieures pour les exploitants aériens, des encombrements sur les aéroports ou dans les aéroports, et le mécontentement des passagers.

«Lorsqu'un organe du contrôle de la circulation aérienne s'aperçoit qu'il lui est impossible d'acheminer d'autres aéronefs dans un délai donné en un point donné ou dans une région particulière, en plus de ceux déjà acceptés, ou qu'il ne pourra les accepter qu'à une certaine cadence, il informera les autres organes du contrôle de la circulation aérienne, ainsi que les exploitants qu'il sait ou croit intéressés et les pilotes commandants de bord des aéronefs se dirigeant vers ce point ou vers cette région, que les aéronefs supplémentaires subiront

probablement un retard important ou, s'il y a lieu, que des restrictions spécifiées devront être imposées à tous les aéronefs supplémentaires pendant une période de temps spécifiée, dans le but d'éviter des retards excessifs.»

Les causes principales des encombrements dans la circulation aérienne sont les suivantes

- a) accumulation de trafic aérien au cours de certaines périodes de l'année et aussi à certains moments de la semaine et à certaines heures de la journée, à cause des habitudes dans les vacances et dans les déplacements du public;
- b) différences dans la capacité des différents systèmes ATC, ou des différentes parties de ces systèmes, touchés par les accumulations de trafic;
- c) préavis insuffisant (aux organes ATC) de demandes prévisibles de trafic qui risquent de surcharger le système en certains points, dans certaines zones et/ou au cours de certaines périodes de temps;
- d) absence de techniques et procédures éprouvées pour rétablir, dans les situations critiques, un équilibre raisonnable entre la demande de trafic et la capacité ATC disponible, par des moyens qui soient acceptables pour les exploitants d'aéronefs, tant du point de vue opérationnel que du point de vue économique.

L'accumulation de trafic aérien peut être due au fait que les exploitants adaptent leurs services à la demande de la clientèle et que le choix des routes et des niveaux de vol est limité, du fait qu'il est nécessaire de partager l'espace aérien avec d'autres utilisateurs, notamment les utilisateurs militaires. En outre, il se peut que les exploitants doivent faire face à des restrictions qui leur sont imposées pour des raisons environnementales, par exemple couvre-feux à certains aéroports, procédures d'atténuation du bruit, etc., qui tendent à concentrer le trafic dans des créneaux de temps.

Les capacités dont disposent les systèmes ATC pour acheminer le trafic sont parfois inadéquates par suite de l'insuffisance du personnel dans les installations existantes, quant aux effectifs et/ou aux qualifications. Des procédures ATC inefficaces peuvent aussi limiter la capacité ATC, par exemple mauvaise liaison et/ou absence de lettres d'entente entre États, notamment en ce qui concerne le transfert du contrôle des aéronefs entre États adjacents.

D'autre part, l'absence d'équipements ATC tels que radars primaires et secondaires de surveillance et moyens de traitement électronique des données peuvent causer des difficultés lorsqu'il s'agit de faire face à la croissance du trafic aérien.

Des mesures de régulation de la circulation aérienne s'imposeront dans certains cas si l'on veut assurer un équilibre raisonnable entre la demande de trafic aérien et la capacité des services de la circulation aérienne à absorber cette demande. Toutefois, il convient de souligner que ces mesures sont de caractère restrictif et qu'il convient d'en faire l'utilisation minimale et, toutes les fois que c'est possible, de les appliquer sélectivement afin qu'elles ne touchent que la partie du trafic aérien global qui est la cause du problème. Il ne faut pas interpréter le terme «sélectivement» comme autorisant l'organe ATC concerné à faire usage de pratiques discriminatoires. Toute distinction entre différents secteurs du trafic aérien devrait être fondée exclusivement sur des catégories telles que le trafic aérien à l'arrivée, le trafic aérien au départ ou les survols, sans aucune distinction quant aux types de vols (civils, militaires, réguliers, non réguliers, etc.). Lorsque des mesures de régulation du débit s'imposent dans certaines zones, il convient de ne les appliquer que pour la période de temps au cours de laquelle la demande attendue de trafic aérien dépassera la capacité dans ces zones. Il y a lieu d'appliquer et de coordonner les différentes mesures de régulation de façon qu'elles n'exercent pas un effet cumulatif sur certains vols. [6]

Dans le contexte de l'ATFM, il convient d'exempter des mesures de régulation les types de vols ci-après :

- a) Vols en situation d'urgence, y compris les vols qui sont l'objet d'un acte d'intervention illicite;
- b) Vols effectués à des fins humanitaires;
- c) Vols effectués à des fins médicales et expressément déclarés par des autorités médicales;
- d) Vols effectués pour des missions de recherches et de sauvetage;
- e) Vols avec statut de «chef d'État*»;
- f) Autres vols expressément demandés par des pouvoirs publics*.

En coopérant avec l'ATC et les exploitants d'aéronefs et d'aérodromes pour équilibrer la demande de trafic et la capacité de l'ATC à absorber cette demande de façon sécuritaire, le service ATFM devrait permettre de réaliser l'exploitation intégrale de la capacité ATC, la

souplesse maximale dans l'utilisation de la structure de routes afin d'assurer le minimum de retards pour tous les vols, et la répartition ordonnée des courants de trafic, tout en prenant en considération les besoins des exploitants. En outre, il convient de fournir à l'ATC et aux exploitants d'aéronefs et d'aérodromes des renseignements anticipés sur les situations de surcharge, et de générer les statistiques pertinentes sur le trafic aérien afin d'identifier promptement les points d'étranglement dans le système. Il y a lieu de souligner ici que la réussite de la mise en œuvre de l'ATFM et de la régulation dépend de l'efficacité des communications et de la coopération entre les organes ATS nationaux, les exploitants d'aéronefs, les contrôleurs et les autorités militaires.

Le service ATFM doit être conçu pour remplir les fonctions fondamentales stratégiques et tactiques suivantes :

- a) collecte et compilation de données sur l'infrastructure de navigation aérienne et sur les capacités du système ATS et d'aérodromes sélectionnés dans la «zone ATFM», y compris capacités des pistes, des voies de circulation et des points d'embarquement. Cela recouvre les zones où risquent de se poser des problèmes d'acheminement du trafic;
- b) collecte et analyse de données sur toutes les opérations aériennes contrôlées qui sont prévues à destination et en provenance de la zone ATFM ainsi qu'à travers cette zone;
- c) détermination d'un panorama cohérent de la demande de trafic prévue, y compris trafic ad hoc prévisible, comparaison avec la capacité disponible et identification de zones et périodes de temps dans lesquelles risquent de se situer des volumes de trafic critiques;
- d) coordination avec les autorités ATS compétentes en vue de déployer tous les efforts possibles pour augmenter la capacité ATC disponible dans les cas où cela sera nécessaire. Dans certaines situations, il pourrait être avantageux d'instituer des comités nationaux et locaux de planification, avec des représentants des autorités ATS et aéroportuaires nationales ainsi que des représentants des exploitants nationaux et internationaux. Pareils comités peuvent contribuer efficacement à l'élaboration de stratégies destinées à réduire l'impact des périodes de crête de la demande;

e) lorsqu'il n'est pas possible de remédier aux insuffisances de la capacité ATC, détermination et application en temps opportun de mesures tactiques coordonnées dans toute la zone ATFM selon les besoins, et avec les exploitants d'aéronefs et d'aérodromes concernés.

Toutes les fois qu'il est nécessaire d'appliquer des mesures de régulation de la circulation aérienne sous la forme de retards, l'ATC devrait si possible les appliquer aux aéronefs au sol plutôt qu'aux aéronefs en vol. Toutes les fois que l'application de pareilles mesures sous la forme de retards imposés à des aéronefs en vol devient inévitable, il y a lieu d'informer dès que possible les vols concernés. Toutes les fois que des procédures d'attente en route deviennent nécessaires, il y a lieu de faire attendre les aéronefs concernés aussi près que possible du point d'entrée dans la zone qui est la cause des restrictions.

Pour appliquer des mesures de régulation, il est nécessaire de déterminer exactement la capacité du système de circulation aérienne et d'évaluer le niveau de la demande de trafic au-dessus duquel il sera nécessaire d'appliquer la régulation. Ayant déterminé ce niveau, l'ATFM devrait fournir au centre de contrôle régional (ACC) desservant une région terminale, sur une base horaire (et avec la meilleure précision possible), des renseignements sur les heures prévues d'arrivée et de départ de tous les aéronefs au cours de chaque période (de 15 ou 30 minutes) où l'on peut s'attendre à un trafic de pointe. De préférence, il conviendrait d'établir pareilles prédictions au moins trois heures à l'avance et de les revoir et les réviser périodiquement par la suite. Comme ces prédictions nécessitent des renseignements sur un grand nombre d'aéronefs qui n'ont pas encore décollé ou qui ne sont pas connus de l'ACC, l'ATFM doit prendre des dispositions spéciales pour obtenir ces renseignements des ACC adjacents, des exploitants et d'autres sources telles que plans de vol répétitifs. Pour prédire la capacité du système, il faut d'abord connaître la capacité disponible dans les conditions d'exploitation optimales. Il convient alors de faire les ajustements nécessaires pour tenir compte des conditions météorologiques défavorables, des configurations des pistes à destination et de l'effet des sautes de vent prévues, des pistes hors service, des aides à la navigation en route ou à l'atterrissage qui sont hors service ou de tous autres facteurs qui risquent de nuire à la régularité des vols. Ces renseignements sont ensuite évalués par le service ATFM, en étroite coopération avec l'ATC, ce qui permet d'arriver à une valeur probable de la capacité du système à tout moment donné.

Les mesures de régulation de la demande peuvent prendre différentes formes. Dans les systèmes les plus simples, les ACC qui exercent la régulation à l'égard des centres de contrôle régional voisins diffusent des avis demandant que les aéronefs concernés soient espacés selon des intervalles prescrits, par exemple un toutes les dix minutes. L'espacement des aéronefs à des fins de régulation ne doit pas être confondu avec la séparation, mais doit être basé sur un «taux d'acceptation», c'est-à-dire un nombre d'aéronefs acceptés dans une période de temps donnée. Cette méthode d'application de la régulation est utilisée par un certain nombre d'ACC sans l'aide de l'informatique. Une forme améliorée et plus complexe de régulation des arrivées est possible avec les systèmes ATC automatisés, où le contrôleur est aidé par l'informatique pour établir la séquence et l'espacement des aéronefs dans la région terminale. En pareil cas, le calcul des retards qui sont le résultat de l'opération de séquence et d'espacement peut être transformé en autorisations par lesquelles les aéronefs sont tenus de voler à vitesse réduite alors qu'ils sont encore en route vers la région terminale. Voler à vitesse réduite permet aux aéronefs concernés d'absorber au moins une partie du retard alors qu'ils sont encore en route. Voler à un régime réduit peut aussi être attrayant pour les exploitants à cause de l'économie de carburant qui en résulte. Il faut toutefois observer qu'une vitesse réduite en route risque fort d'augmenter l'encombrement sur le tronçon de route et de conduire à une complexité accrue dans le secteur, à cause de l'incompatibilité des vitesses à un même niveau de vol.

Il convient de noter que la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis utilise actuellement une nouvelle technologie faisant appel à l'automatisation, par un affichage de la situation des aéronefs (Aircraft Situation Display ou ASD) pour effectuer l'ATFM à des fins à la fois stratégiques et tactiques.

Bien avant l'application de restrictions de régulation, il convient d'utiliser des prédictions de la demande attendue afin d'informer les exploitants et les pilotes des retards auxquels on peut s'attendre. Ces indications devraient être largement diffusées, soit par le réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques (RSFTA) soit par des circuits vocaux, pour avertir les exploitants d'aéronefs et d'aérodromes des retards dont il s'agit, ainsi que de tous détournements qui pourraient être nécessaires. Pareilles indications peuvent souvent réduire ou même reporter à plus tard la nécessité de restrictions de régulation. [3]

La gestion des courants de trafic aérien (ATFM) ne peut être limitée à la région géographique d'un seul État, à cause de ses vastes incidences sur l'écoulement de la circulation aérienne dans d'autres zones. La meilleure façon de réaliser l'écoulement optimal

du trafic aérien consiste en un service central intégré de gestion des courants de trafic aérien faisant appel à des procédures internationales agréées en vue de maintenir, en coopération permanente avec les organes ATC associés et les exploitants, un équilibre entre la demande de trafic et la capacité de l'ATC à absorber cette demande. Des renseignements détaillés sur les objectifs, l'organisation et le fonctionnement d'un organisme ATFM centralisé (CTMO) figurent dans le Plan de navigation aérienne — Région Europe (Doc 7754, Ve Partie — ATM) et dans le Manuel ATFM européen, édition provisoire, 1991 (OACI EUR Doc 003).

III.2.5 Mesures destinées à augmenter la capacité ATC

Il deviendra évident que le système ATC approche de la saturation lorsque se généraliseront de fortes densités de circulation, accompagnées de retards répétés et plus fréquents ou de perturbations du service devenant de plus en plus difficiles à résoudre. On pourra alléger le problème par les moyens suivants :

- a) prendre toutes les mesures raisonnables pour exploiter totalement la capacité existante du système de navigation aérienne;
- b) élaborer des plans pour accroître la capacité du système ATC là où c'est nécessaire, particulièrement dans l'espace aérien terminal, afin de pouvoir répondre à la demande du trafic prévu des utilisateurs. Dans ces plans, il convient de tenir compte de la nécessité d'avoir des SID (départs normalisés aux instruments) et des STAR (arrivées normalisées aux instruments) efficaces, d'établir des routes VFR et IFR séparées, d'évaluer l'incidence des procédures d'atténuation du bruit et des créneaux de couvre-feu, d'élaborer des procédures pour faire face aux situations d'urgence, etc.;
- c) négocier des lettres d'entente entre États adjacents afin d'assurer l'élaboration de procédures judicieuses pour la coordination et le transfert du contrôle. Dans ce contexte, il convient de s'efforcer, lorsque c'est possible et praticable, de concevoir la sectorisation indépendamment de limites artificielles telles que les frontières existantes;
- d) élaborer des procédures entre organes pour améliorer la gestion des courants de trafic afin d'utiliser au maximum la capacité ATC disponible;

- e) veiller à ce que les nouvelles mesures à adopter soient mises en application avec le minimum de délai et de préférence simultanément par les organes adjacents;
- f) concevoir les procédures ATC d'acheminement des aéronefs à l'arrivée de manière à réaliser la meilleure exploitation possible des pistes disponibles et de la capacité d'atterrissage. Il convient de le faire en tenant compte des besoins des utilisateurs en ce qui concerne les trajectoires optimales de descente et d'approche directe;
- g) instaurer des opérations efficaces d'arrivée et de départ grâce à une meilleure conception des pistes et des voies de circulation, par exemple au moyen de voies de circulation parallèles et de sorties de piste à grande vitesse.

Il convient de faire l'évaluation de la capacité nécessaire par des méthodes qui produisent des résultats réalistes, les résultats étant exprimés dans des termes qui rendent comparables les valeurs de capacité. Celles-ci devraient de préférence être exprimées sous la forme de nombres d'aéronefs qui peuvent entrer dans un volume d'espace aérien donné dans une période de temps donnée. L'Appendice C présente un résumé de techniques d'estimation de la capacité ATC par secteur ou poste qui sont axées sur les tâches exécutées par le contrôleur de la circulation aérienne. On évalue le volume de travail du contrôleur en faisant la somme du temps consacré à chacune des tâches.

La demande de trafic aérien à faire rentrer dans le système de navigation aérienne devrait être décrite en des termes qui permettent une comparaison directe avec la capacité de ce système ou de ses éléments qui sont concernés. Il convient d'élaborer une prévision détaillée du trafic relative aux grands courants de trafic dans une région d'information de vol (FIR) donnée ou dans une zone géographique composée de plusieurs FIR. Il y a lieu d'utiliser ces prévisions pour déterminer l'évolution de l'espace aérien et de la gestion du trafic le plus longtemps possible à l'avance et pour une période d'au moins cinq années, sous une forme telle qu'elles puissent être utilisées par tous ceux qui s'intéressent à la planification du système de navigation aérienne. Les prévisions devraient indiquer la demande de trafic moyenne et les valeurs de crête, aussi bien que les variations saisonnières, hebdomadaires ou journalières dans la demande de trafic future. Il conviendrait que les États procèdent à une revue continue

de la capacité de leur système ATC afin d'assurer qu'il pourra être ajusté pour absorber la demande de trafic prévue.

III.3 Planification des mesures d'exception

III.3.1 Introduction

Le Conseil a approuvé des principes directeurs pour les mesures d'exception à appliquer en cas de perturbation des services de la circulation aérienne et des services de soutien, en réponse à la Résolution A23-12 de l'Assemblée, à la suite d'une étude effectuée par la Commission de navigation aérienne et de consultations menées auprès des États et des organisations internationales intéressées, comme le prévoyait la résolution. Ces éléments ont pour objet d'aider à assurer l'écoulement sûr et ordonné de la circulation aérienne internationale en cas de perturbation des services de la circulation aérienne et services de soutien, ainsi qu'à préserver, dans cette éventualité, la disponibilité des grandes routes aériennes mondiales du système de transport aérien.

Ces principes directeurs ont été élaborés compte tenu du fait que les circonstances qui précèdent ou qui accompagnent les perturbations des services assurés à l'aviation civile internationale varient considérablement, et que les mesures d'exception (y compris l'accès pour des raisons humanitaires à des aérodomes désignés) destinées à répondre à des circonstances déterminées doivent nécessairement s'adapter à ces circonstances. Ils prévoient une répartition des responsabilités entre les États et l'OACI en ce qui concerne les plans de mesures d'exception et les dispositions à prévoir lorsqu'il s'agit d'élaborer ces plans, de les appliquer et de mettre fin à leur application.

Les principes directeurs se fondent sur l'expérience, qui a montré notamment que les effets d'une perturbation des services dans des espaces aériens particuliers sont susceptibles d'avoir une incidence appréciable sur les services assurés dans des espaces aériens voisins, d'où la nécessité d'une coordination internationale. C'est pourquoi ces éléments définissent le rôle de l'OACI en ce qui concerne l'élaboration de plans de mesures d'exception et la coordination de ces plans. Ils reflètent également le fait que, si l'on veut préserver la disponibilité des grandes routes aériennes mondiales dans le système de transport aérien, le rôle de l'OACI dans la planification des mesures d'exception doit nécessairement être global et non pas limité aux espaces aériens situés au-dessus de la haute mer et aux régions de

souveraineté indéterminée. Enfin, les principes directeurs reflètent aussi le fait que les organisations internationales intéressées, comme l'Association du transport aérien international (IATA) et la Fédération internationale des associations de pilotes de ligne (IFALPA), peuvent donner des avis utiles sur la valeur pratique des plans de mesures d'exception, dans leur ensemble, et des différents éléments de ces plans [4].

III.3.2 Statut des plans de mesures d'exception

Les plans de mesures d'exception visent à mettre en œuvre des installations et services destinés à remplacer, en cas d'indisponibilité temporaire, ceux qui sont prévus dans le plan régional de navigation aérienne. Les arrangements correspondants sont donc de nature temporaire; ils ne restent en vigueur que jusqu'à ce que les installations et services du plan soient rétablis, et ils ne constituent donc pas des amendements au plan régional qui doivent être traités conformément à la «Procédure d'amendement des plans régionaux approuvés».

III.3.3 Responsabilité de l'élaboration de la promulgation et de la mise en œuvre des plans de mesures d'exception

Les États chargés de fournir des services de la circulation aérienne et des services de soutien dans des secteurs particuliers de l'espace aérien doivent également, en cas de perturbation ou de risque de perturbation de ces services, instituer des mesures pour garantir la sécurité de la navigation aérienne internationale et prendre, si possible, des dispositions pour fournir des installations et services de rechange. Dans ce but, les États élaboreront, publieront et mettront en œuvre des plans de mesures d'exception appropriés. Ces plans seront élaborés en coopération avec les autres États intéressés et avec l'OACI, selon les besoins, chaque fois que les effets d'une perturbation des services risquent d'affecter les services assurés dans les espaces aériens voisins.

La responsabilité de mesures d'exception appropriées applicables à un espace aérien situé au-dessus de la haute mer continue d'incomber aux États qui sont normalement responsables de la fourniture des services aussi longtemps que cette responsabilité n'est pas réassignée temporairement par l'OACI à un autre État ou à d'autres États.

De même, la responsabilité de mesures d'exception appropriées applicables à des espaces aériens où la responsabilité de la fourniture des services a été déléguée par un autre État continue à incomber à l'État qui fournit les services aussi longtemps que l'État déléguant n'aura

pas mis fin temporairement à cette délégation. Lorsqu'il met fin à cette délégation, l'État délégrant assume la responsabilité des mesures d'exception. [7]

L'OACI assumera la responsabilité de l'établissement et de la coordination de mesures d'exception appropriées lorsque les activités de l'aviation civile internationale sont affectées par une perturbation des services de la circulation aérienne et des services de soutien assurés par un État dans lequel, pour une raison quelconque, les autorités ne peuvent s'acquitter comme il convient de la responsabilité mentionnée ci-dessus. En pareil cas, l'OACI travaillera en coordination avec les États responsables des espaces aériens voisins de celui qui est touché par la perturbation des services, et en consultation étroite avec les organisations internationales intéressées. L'OACI assumera la même responsabilité à la demande des États.

III.3.4 Mesures préparatoires

Les délais de notification sont essentiels pour la planification des mesures d'exception si l'on veut raisonnablement éviter que la sécurité de la navigation aérienne ne soit compromise. La mise en œuvre des arrangements d'exception en temps voulu exige initiative et décision, ce qui, une fois encore, suppose a priori que des plans de mesures d'exception, prévoyant notamment la façon de promulguer ces mesures et le moment auquel il faut les promulguer, ont, dans la mesure du possible, été élaborés et adoptés par les parties intéressées avant que ne se produisent les événements qui appellent ces mesures.

Les États devraient prendre les mesures préparatoires appropriées pour faciliter la mise en œuvre en temps voulu d'arrangements d'exception. Ces mesures préparatoires devraient porter sur les éléments exposés ci-après

- a) Préparation de plans de mesure d'exception de caractère général applicables à des événements généralement prévisibles comme les grèves ou les conflits du travail touchant les services de la circulation aérienne ou les services de soutien. Étant donné que la communauté aéronautique mondiale n'est pas partie à ces conflits, les États qui assurent des services dans des espaces aériens situés au-dessus de la haute mer ou dans des espaces aériens de souveraineté indéterminée devraient prendre les mesures nécessaires pour garantir que des services normaux de la circulation aérienne seront assurés à l'aviation civile internationale dans ces espaces

aériens. Pour la même raison, les États qui assurent des services de la circulation aérienne dans leur propre espace aérien ou, par délégation, dans l'espace aérien d'un autre État ou dans les espaces aériens d'autres États, devraient prendre les mesures nécessaires pour garantir que des services normaux de la circulation aérienne seront assurés à l'aviation civile internationale, pour autant qu'il n'y ait ni atterrissage ni décollage dans le ou les États touchés par un conflit du travail.

- b) Surveillance étroite de toute situation qui risque de donner lieu à des événements appelant l'élaboration et l'application d'arrangements d'exception. Les États devraient envisager de désigner des personnes ou des organes administratifs pour entreprendre cette surveillance et, si nécessaire, instituer les mesures qui peuvent en découler.
- c) Désignation ou établissement d'un organe central qui, en cas de perturbation des services de la circulation aérienne et d'application d'arrangements d'exception, sera en mesure de fournir, 24 heures sur 24, des renseignements à jour sur la situation et sur les mesures d'exception qu'elle entraîne jusqu'à ce que le fonctionnement normal du système soit rétabli. Une équipe de coordination devrait être désignée dans le cadre d'un organe central de ce genre, ou en association avec cet organe, en vue de coordonner les activités pendant que les services sont perturbés.

De même, l'OACI offrira ses services pour suivre toute situation risquant de donner lieu à des événements appelant l'élaboration et l'application d'arrangements d'exception. Lorsqu'une crise menace, une équipe de coordination sera formée dans le ou les bureaux régionaux intéressés et au siège de l'OACI à Montréal, et des dispositions seront prises pour qu'un personnel compétent soit disponible ou puisse être contacté 24 heures sur 24. Ces équipes seront chargées de suivre en permanence les nouvelles provenant de toutes les sources disponibles, de prendre les dispositions nécessaires pour assurer la diffusion constante des renseignements pertinents reçus par le service AIS national, au bureau régional et au siège, d'assurer la liaison, selon les besoins, avec les organisations internationales intéressées et leurs organismes régionaux, et d'échanger des renseignements à jour avec les États directement en cause et les États susceptibles de participer aux arrangements d'exception. Toutes les données disponibles ayant été analysées, l'autorisation nécessaire sera obtenue pour prendre les mesures requises dans les circonstances.

III.3.5 Coordination

Un plan de mesures d'exception doit être acceptable aussi bien pour les fournisseurs que pour les usagers des services d'exception, c'est-à-dire que les fournisseurs doivent pouvoir s'acquitter des fonctions qui leur ont été confiées et que le plan de mesures d'exception doit assurer la sécurité de l'exploitation et offrir la capacité d'acheminer la circulation prévue dans les circonstances.

En conséquence, les États qui prévoient une perturbation des services de la circulation aérienne ou des services de soutien devraient aviser dès que possible le Représentant de l'OACI accrédité auprès d'eux, ainsi que les autres États dont les services pourraient être touchés. Cet avis devrait comprendre des renseignements sur les mesures d'exception connexes ou une demande d'aide pour la formulation des plans de mesures d'exception.

Les besoins détaillés en matière de coordination devraient être déterminés par les États ou par l'OACI, selon le cas, compte tenu de ce qui précède. Dans le cas d'arrangements d'exception qui n'affectent pas de façon appréciable les usagers de l'espace aérien ou les services fournis hors de l'État en cause, ces besoins sont de toutes évidences peu nombreuses ou inexistantes. Mais il semble que ces cas soient peu nombreux.

Dans le cas d'une coordination entre plusieurs États, il faudrait entreprendre, avec chacun des États participants, une coordination détaillée qui conduira à l'adoption formelle d'un plan de mesures d'exception. Il faudrait également assurer une coordination détaillée de ce genre avec les États dont les services seront sensiblement affectés, en procédant, par exemple, au réacheminement de la circulation, ainsi qu'avec les organisations internationales intéressées, dont les connaissances et l'expérience dans le domaine de l'exploitation sont précieuses.

Chaque fois qu'il est nécessaire d'assurer une transition harmonieuse vers l'application d'arrangements d'exception, la coordination dont il est question dans la présente section devrait comprendre un accord sur les détails d'un texte de NOTAM commun à diffuser à une date qui serait précisée par message spécial convenu.

III.3.6 Élaboration, promulgation et application des plans de mesures d'exception

L'élaboration d'un plan de mesures d'exception bien fondé dépend des circonstances, et notamment de la possibilité ou de l'impossibilité, pour l'aviation civile internationale, d'utiliser l'espace aérien dans lequel les services sont perturbés.

Les espaces aériens relevant d'un État souverain ne peuvent être utilisés qu'à l'initiative des autorités de l'État en cause, ou avec leur accord ou consentement. Sans cela, les arrangements d'exception doivent supposer le contournement de l'espace aérien et devraient être élaborés par les États voisins ou par l'OACI en coopération avec les États voisins. Dans le cas des espaces aériens situés au-dessus de la haute mer ou des espaces aériens de souveraineté indéterminée, il se peut que l'élaboration du plan de mesures d'exception comporte, selon les circonstances (notamment en fonction de la dégradation des services de rechange fournis), une réassignation temporaire par l'OACI de la responsabilité de la fourniture des services de la circulation aérienne dans l'espace aérien en cause.

L'élaboration d'un plan de mesures d'exception suppose a priori autant de renseignements que possible sur les routes actuelles et routes de rechange, sur les moyens de navigation des avions, sur la disponibilité, totale ou partielle, d'un guidage de navigation fourni par des aides au sol, sur les moyens de télécommunication des organes voisins des services de la circulation aérienne, des services de télécommunications, des services météorologiques et des services d'information aéronautique. Les éléments principaux dont il faut tenir compte, selon les circonstances, pour la planification de mesures d'exception sont les suivants :

- a) réacheminement de la circulation pour éviter, totalement ou en partie, l'espace aérien en cause, ce qui implique normalement l'établissement de routes supplémentaires et de conditions d'utilisation particulières pour ces routes;
- b) établissement d'un réseau de routes simplifié traversant l'espace aérien en cause, s'il est disponible, accompagné d'un plan de répartition des niveaux de vol visant à garantir la séparation latérale et verticale, et d'une procédure permettant à des centres de contrôle régional voisins d'établir une séparation longitudinale aux points d'entrée et de maintenir cette séparation d'un bout à l'autre de l'espace aérien;

- c) réassignation de la responsabilité d'assurer des services de la circulation aérienne dans un espace aérien situé au-dessus de la haute mer ou dans un espace aérien relevant de l'État auquel a été déléguée cette responsabilité;
 - d) mise en œuvre et exploitation de communications air-sol et de liaisons vocales directes RSFTA et ATS adéquates, et réassignation aux États voisins de la responsabilité de fournir des renseignements météorologiques et des renseignements sur les aides de navigation;
1. arrangements spéciaux pour l'établissement, la collecte et la diffusion de comptes rendus d'aéronef en vol et après le vol;
 2. obligation pour les pilotes d'assurer une veille permanente sur une fréquence VHF spécifiée pilote-pilote dans des régions spécifiées où les communications air-sol sont incertaines ou inexistantes, et de diffuser sur cette fréquence, de préférence en anglais, des renseignements et des estimations sur leur position, y compris le début et la fin de la montée et de la descente;
 3. obligation, pour tous les aéronefs, d'allumer en permanence les feux de position et les feux anticollision dans des régions spécifiées;
 4. obligation, pour chaque aéronef, d'assurer sa propre séparation longitudinale par rapport à l'aéronef qui le précède au même niveau de croisière, et procédures en la matière;
 5. obligation de monter et de descendre nettement à droite de l'axe de certaines routes expressément identifiées;
 6. arrangements destinés à contrôler l'accès à la région où s'appliquent les mesures d'exception pour éviter la surcharge du système mis en place pour faire face à la situation;
 7. obligation, pour tous les aéronefs se trouvant dans la région où s'appliquent les mesures d'exception, de voler selon les règles IFR, ce qui comprend notamment l'attribution aux routes ATS de la région de niveaux de vol IFR tirés du Tableau des niveaux de croisière.

Les usagers des services de navigation aérienne seront notifiés par NOTAM, aussitôt que possible, d'une perturbation prévue ou effective des services de la circulation aérienne ou des services de soutien. Ce NOTAM indiquera notamment les arrangements d'exception

associés à la situation. En cas d'interruption prévisible, la notification préalable doit en tout cas se faire avec un préavis d'au moins 48 heures. [7]

La notification par NOTAM de la cessation des mesures d'exception et du rétablissement des services prévus dans le plan régional de navigation aérienne sera faite aussi vite que nécessaire pour assurer une transition harmonieuse des conditions d'exception aux conditions normales [4].

Chapitre IV. Systèmes d'informations géographiques

IV.1 Introduction :

À la différence des données de gestion, nous avons vu que les données géographiques se distinguent par certaines caractéristiques qui les rendent unique dans son genre ; et comme toute autre donnée ces données doivent être structurées au sein d'un système d'information pour être mieux exploitées ce qui nous conduit à la notion de système d'informations géographiques (ou SIG) (G.I.S : Geographical Information System).

Il apparaît qu'un SIG doit être à la fois un outil de gestion pour le technicien qui au quotidien assure le fonctionnement d'un certain service et outil d'aide à la décision pour les décideurs.

Nous examinerons successivement dans ce chapitre la définition des SIG selon deux points de vue celui des informaticiens et celui des décideurs. Puis nous allons voir comment un SIG est structuré et quelles sont ses composantes. Nous parlerons aussi de ses fonctionnalités et de ses caractéristiques. Enfin nous terminerons par ses domaines d'applications. [8]

IV.2 Historique

L'évolution et la diffusion des SIG dans la science de l'aménagement du territoire est à mettre en lien avec les développements de la technologie informatique, de la conscience environnementale et des nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires.

Les SIG sont apparus dans les années soixante dix. Particulièrement depuis le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, a lieu une prise de conscience des problèmes environnementaux à toutes les échelles.

Le développement des SIG est étroitement lié à celui de l'informatique. Maguire et al. (1991) distinguent trois périodes principales :

- période 1950 - 1970 : début de l'informatique, premières applications de la cartographie automatique.

- Période 1970 -1980 : diffusion des outils de cartographie automatique, SIG dans les organismes d'Etat (armée, cadastre, services topographiques ...).

- 1980 à ce jour : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, applications sur Internet).

IV.3 Qu'est ce qu'un SIG

Plusieurs aspects sont sous-jacents à la notion de SIG.

L'information qui est la donnée. Le géographique, qui qualifie cette information, en la supposant localisée dans l'espace. Le système qui sous-entend que cette information est organisée au sein d'un système informatique. D'où La signification des SIG varie selon le niveau de perception : informaticien, utilisateur, et décideurs plusieurs définitions sont alors possibles :

1. Un SIG est un ensemble de données numériques, localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux (Figure IV-1).

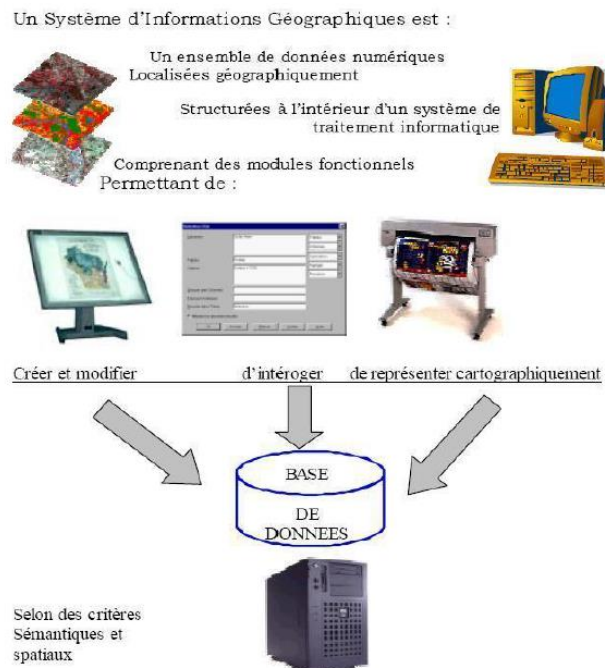


Figure IV-1 Point de vue des informaticiens.

2. Outil de prise de décision, d'aide à la planification et au développement, constitué d'une part d'une base de données géographique référencées Spatialement à la terre pour une zone déterminée et d'autre part de procédure et de technique pour le recueil systématique, la mise à jour, Le traitement et la discussion des données. La base d'un SIG est un système de référence spatiale uniforme, qui facilite la liaison des données du système avec d'autres données localisées (**Figure IV-2**).

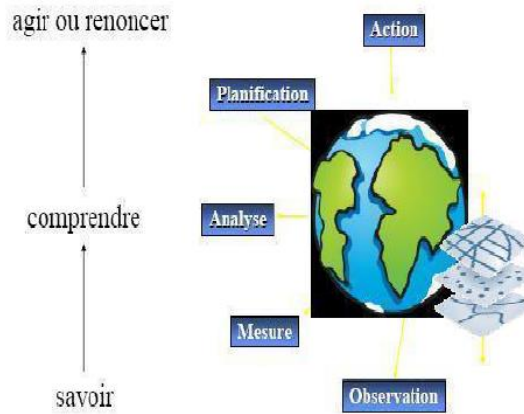


Figure IV-2 Point de vue décideur.

IV.4 Structure d'un SIG

La figure suivante met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au dessous d'une couche applications : **l'acquisition des données géographiques** d'origines diverses, **la gestion** pour le stockage et la recherche des données, **l'analyse spatiale** pour le traitement et l'exploitation et enfin **la présentation des résultats** sous forme cartographique (Figure IV-3).

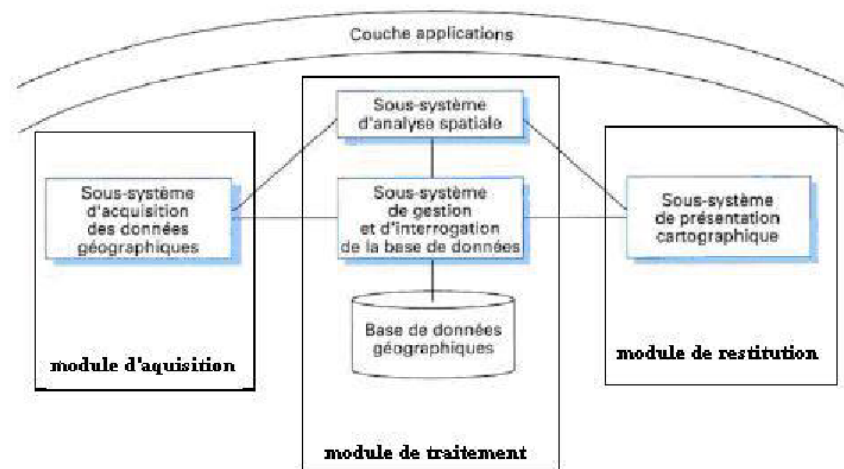


Figure IV-3 Structure d'un système d'information géographique.

Les fonctionnalités dans chacun de ces groupes peuvent être plus ou moins complètes dans chacun des SIG commercialisés. Notons également que chaque utilisateur d'un SIG n'a pas nécessairement besoin de la totalité de ces fonctions.

IV.5 Les composants d'un SIG

Au plan le plus simple et indépendamment de la chaîne de production des données géographiques qui repose sur des mécanismes industriels, il nous paraît, possible de distinguer cinq (05) composantes majeures dans les SIG :

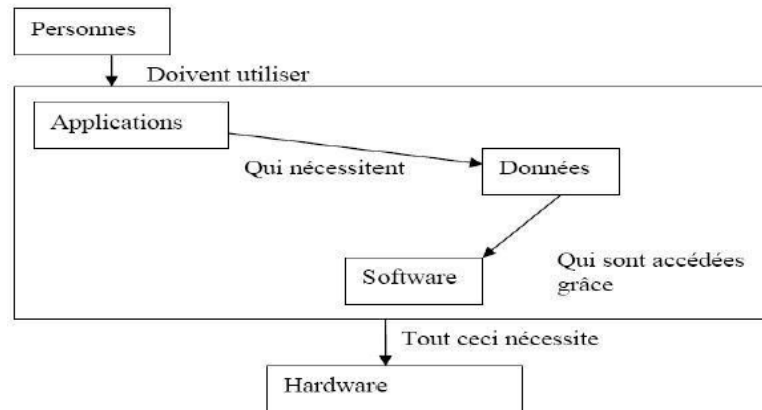


Figure IV-4 Composant d'un système d'information géographique.

1. **Matériel (hardware)** : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

2. **Logiciels (software)** : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Principaux composants logiciel d'un SIG : Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques Système de gestion de base de données Outils géographiques de requête, analyse et visualisation. Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

3. **Données** : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

4. **Utilisateurs (personnes)** : Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

5. *Méthodes (application)* : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

IV.6 Fonctionnalités d'un SIG

Les SIG peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regrouper en 05 familles sous le terme de "5A" pour :

Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse.

Ces termes résument les fonctionnalités que tous les systèmes doivent assurer, nous allons rapidement décrire ces fonctions attendues d'un SIG.

- **Abstraction :**

Les SIG sont utilisés pour réaliser des descriptions du territoire permettons d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique

Ces informations que certains sont des représentations (modélisations) d'élément ou de phénomènes existants cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité d'une manière compréhensible pour répondre à des objectifs données.

Il est nécessaire donc de préciser les éléments sur lesquels on doit disposer de l'information et la nature de celle-ci, en plus leur dessin est effectué en respectant des règles sémiologiques destinées à faire percevoir facilement un maximum d'information aux lecteurs (de la carte).

On modélisant on doit prendre en compte les objectifs attendus du système d'information. Pour cela les méthodes utilisées pour la réalisation des systèmes d'information "classique" sont valables et doivent préciser les attentes (que veut-on faire ?), les méthodes (comment faire ?) et les problèmes concrets (avec quoi ?).

- **Acquisition :**

Les éléments que doit contenir le système sont connus dès que le modèle conceptuel est établi et que sont précisées les informations géométriques et sémantiques nécessaires. Les données doivent ensuite être intégrées et doivent répondre aux exigences de qualité induites par les objectifs à atteindre.

Ces données peuvent provenir de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou de traitement particuliers comme des images satellitaires par exemple. Les données peuvent être de quatre types différents selon la géométrie qui leur est associée : les données raster, vecteurs, les grilles ou MNT (Modélisation Numérique du Terrain), et les données sans géométrie. (Figure IV-5)

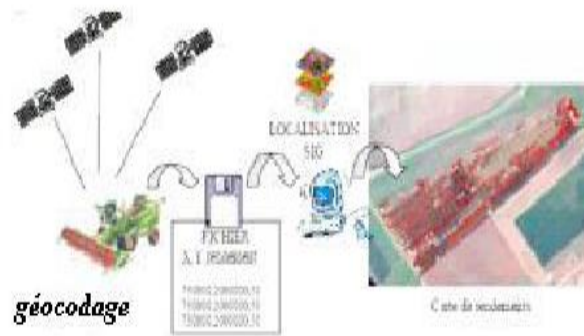


Figure IV-5 L'acquisition des données géographiques.

- **Archivage :**

Ce module s'appuie sur le support de stockage d'informations, pour les données sémantiques que pour les données graphiques, l'utilisation d'un logiciel de CAO/DAO et une alternative possible pour gérer ces dernières données. Les fonctions d'interrogation sont traitées par un langage assertionnel qui transforme les termes de la requête de l'utilisateur en élément d'algèbre relationnel.

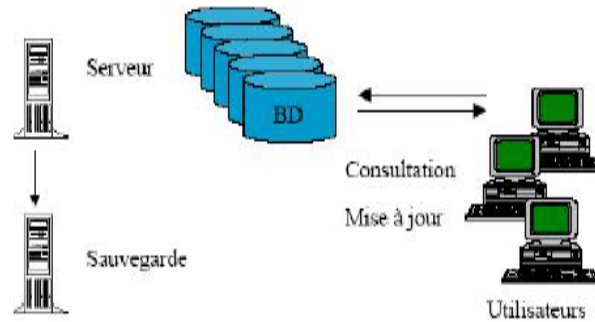


Figure IV-6 L'archivage des données géographiques.

- **Affichage :**

Ce module intègre tous les outils de restitution des traitements, leur fonctionnalité tient dans la matérialisation physique des phénomènes spatiaux, et de leur interaction avec les données sémantiques, un mode hypertexte peut être retenu. (Figure IV-7)



Figure IV-7 L'affichage des données géographiques.

- **Analyse :**

Ce module contient les fonctions qui différencient les SIG entre eux. Les données contenues dans un SIG décrivent un terrain, et donc permettent d'appréhender les événements potentiels pouvant survenir. L'utilisation des données dans la résolution de problématiques variées valorisera d'avantage un système d'information. Les principales possibilités offertes par la mise à disposition de renseignements géométriques et de renseignements sémantiques concernent la mise en relation mutuelle d'objets localisés ayant certaines propriétés.

Les différentes relations que l'on peut mettre en œuvre concernent la proximité (trouver les objets proches d'un autre), la topologie (objets jointifs, inclus, partiellement inclus, exclus) ou la forme (taille, type). Comme les objets possèdent aussi des attributs traduisant des propriétés autres que géométriques, les analyses faites dans les systèmes

d'information classiques, c'est à dire sans utiliser de fonction géométrique, peuvent être réalisées. Il est ensuite naturel d'utiliser une combinaison entre les propriétés géométriques et les propriétés sémantiques afin de réaliser une analyse complète.

Il est ainsi possible de rechercher les objets ayant certaines propriétés situées dans une zone donnée ou à une distance maximale d'un lieu fixé. Les informations supplémentaires amenées par les propriétés géométriques sont utilisées pour effectuer des traitements complexes qui affinent des analyses et qui accélèrent leur mise à disposition car elles peuvent souvent être réalisées avec un seul outil.

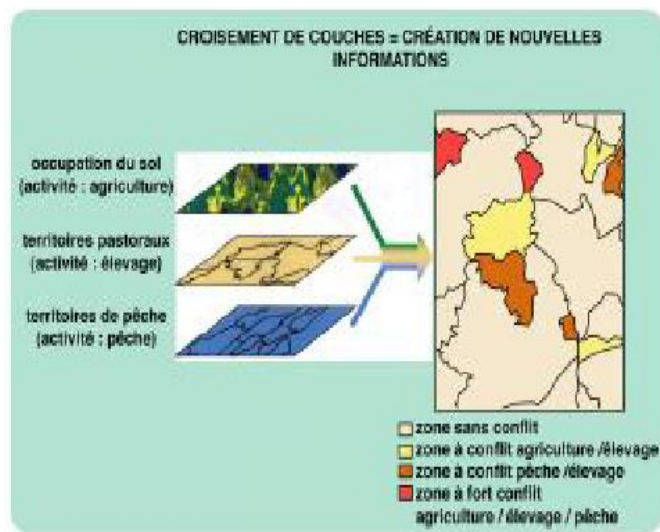


Figure IV-8 L'analyse des données géographiques.

IV.7 Les domaines d'applications

- **L'Etat et les collectivités locales :**

Adopté par les décideurs dans une multitude de secteurs et de multiples façons, un logiciel SIG permet à ses utilisateurs de gérer et de manipuler leurs données de manière judicieuse.

Les analystes sont à même déterminer les caractéristiques et les processus de projets viables ou non. Grâce à un logiciel SIG, les stratèges se donnent les moyens de créer les bases qui garantiront la longévité des communautés prospères, du commerce et de l'administration ainsi que la longévité des ressources de la planète.

L'Etat : Les organismes gouvernementaux font confiance à la technologie SIG pour établir des règles et légiférer ainsi que pour renforcer l'aide sociale apportée à leurs concitoyens. Un SIG est en outre un moyen judicieux pour ces organismes de fournir des informations publiques.

Collectivités locales : Les collectivités Locales font appel à un SIG pour organiser entre autres, des informations sur le cadastre, l'urbanisme, le développement économique, le patrimoine, les réseaux et toutes les informations publiques.

- **Gestion et préservation de l'environnement :**

Océans : Un SIG marin utilise des données sur les océans et les mers pour représenter des phénomènes survenant dans les eaux littorales et des grands fonds, comme les courants, la salinité, la température, la masse biologique et écologique et la densité.

Terres et sols : Des informations précises sur le paysage local sont indispensables dans la prise de décision sur ce qu'il faut protéger et comment le protéger. Les cartes numériques de sites peuvent être liées à des bases de données relationnelles qui stockent des données topographiques, à des données de base, de la documentation sur les sites et à des photographies numériques aériennes.

Faune : Un SIG est un outil important dans la gestion et la protection des habitats et des espèces. Un SIG permet d'étudier les populations animales à diverses échelles et fournit des outils analytiques pour étudier les corridors d'habitats, les schémas de migration et l'influence des parcs et réserves naturelles sur la préservation de la faune.

Végétation: Un N SIG représente l'outil idéal pour cartographier et inventorier la végétation et mieux comprendre pourquoi certaines espèces sont menacées ou en danger.

- **Recherche :**

Un SIG représente l'outil idéal pour les chercheurs. Grâce à lui, ils peuvent modéliser le monde réel, classer et observer des phénomènes et prévoir les changements à venir. Les modèles de données ArcGIS ont pour fonction de proposer des modèles réalistes pour la mise en œuvre de projets SIG. Ainsi, il devient plus facile pour les chercheurs et les professionnels de stocker, d'analyser et d'interroger les données. ESRI a créé un grand nombre de modèles de données pour faciliter l'utilisation des couches de données afin d'étudier les relations et de rechercher de nouvelles méthodes pour représenter le monde qui nous entoure.

- **L'Education :**

Un SIG aide les élèves de tout âge à comprendre l'importance de la géographie et de ses applications. Un SIG permet aux élèves et aux professeurs d'aborder des sujets qui suscitent (et entretiennent) un raisonnement critique, un apprentissage intégré et diverses aptitudes à tous les niveaux scolaires.

Un SIG peut aussi vous aider à prévoir l'avenir, il vous permet aussi d'étudier le passé, en intégrant des données historiques à des cartes interprétatives. Un SIG représente l'outil idéal pour les chercheurs qui, grâce à lui, peuvent modéliser le monde.

Un SIG aide ses utilisateurs à prendre de meilleures décisions pour gérer les ressources, assurer des services et fédérer durablement des communautés.

- **Prévention / Sécurité :**

Un SIG est un outil efficace dans la lutte contre la criminalité. Les experts de la police se servent d'un SIG pour la planification et la modélisation d'événements, la planification tactique et stratégique et la cartographie des lieux d'incidents. Des programmes dirigés par des services de police offrent à tous leurs officiers un accès aux informations sur les délits commis dans toute la ville.

- **Défense :**

La défense utilise les SIG pour les services de renseignements, la défense du territoire, l'analyse de terrain, la planification des missions et la gestion des infrastructures.

- **Transports :**

En ce qui concerne les transports, un SIG répond à trois besoins différents-la gestion des infrastructures, la gestion des parcs et de la logistique et la gestion des transits. Un SIG fournit des informations sur l'analyse et la planification des réseaux, le suivi et l'acheminement des véhicules, le suivi des stocks et l'analyse de la planification des itinéraires.

- **Télécommunications :**

Un SIG offre aux sociétés de télécommunications un éventail de solutions, qui permettent l'analyse des relations entre la couverture des signaux, l'édition de résultats de tests, la gestion des dossiers d'incidents, le suivi des requêtes clients et d'une façon plus générale tout le reporting de l'entreprise.

- **Santé :**

Toute gestion de services de soins et de santé qui se veut efficace fait appel à un SIG non seulement pour indiquer quelles ressources et quels besoins existent, mais également où le trouver. En outre, les experts de la santé se sont équipés de SIG pour surveiller l'épidémiologie et la santé publique. Ils peuvent suivre géographiquement les indicateurs de santé à différentes échelles, identifier les sites épidémiologiques et rechercher les sites à risques écologiques. Certains services de santé publique utilisent par exemple un SIG pour les programmes de lutte contre les moustiques.

- **Agriculture :**

Un SIG fournit des capacités analytiques qui sont à la cure de tout système agricole de précision réussi. Un SIG permet aux agriculteurs d'effectuer des analyses spatiales, propres aux sites, sur des données agronomiques.

- **Immobilier :**

Qu'il s'agisse de gestion de contacts sur carte ou de l'analyse sophistiquée des investissements dans les grands groupes immobiliers, les agences immobilières s'appuient largement sur la cartographie électronique. Un grand nombre d'agents immobiliers ont développé leurs activités en utilisant Internet pour commercialiser les biens dont ils avaient la charge.

- **Assurances :**

Un grand nombre de compagnies d'assurance ont fait de leur SIG l'élément central de leurs activités en l'utilisant pour visualiser, analyser et répartir les risques.

- **Commerce/Finance :**

Les analystes financiers ont recours à des SIG pour cibler leurs marchés en visualisant les besoins en services financiers. Des sociétés telles que Metropolitan Life et Chase Manhattan Bank font appel aux logiciels ESRI R pour améliorer la rentabilité et atteindre une excellence opérationnelle.

- **Média :**

Certaines sociétés de médias se sont munies d'un SIG notamment pour analyser les tirages et prospecter de nouveaux annonceurs, mais aussi pour créer des cartes qui seront utilisées dans les parutions elles-mêmes.

- **Commerce de détail :**

Les entreprises conservent des informations sur les ventes, les clients, les stocks, les profils démographiques et les listes de diffusion, qui sont autant d'éléments associés à des localisations géographiques. De ce fait, les directeurs, stratèges marketing, analystes financiers et gestionnaires utilisent de plus en plus des SIG pour organiser, analyser et présenter leurs données d'entreprise.

- **Gestion de l'énergie :**

Le processus d'acheminement de l'énergie repose largement sur des informations géographiques. De la conception des réseaux à la gestion des interruptions de service, plus de 80 % réalisée par les services publics porte sur des composants spatiaux et profitent donc pleinement des potentialités des SIG.

- **Gaz :**

La gestion des sources de gaz et des pipelines physiques se fait à partir d'un SIG qui permet d'obtenir toutes les informations, allant des caractéristiques des stations de production jusqu'aux conduites d'acheminement.

- **Electricité :**

Le SIG permet d'exploiter la base de données des installations électriques pour la maintenance, et l'intervention lors d'interruptions de services.

- **Eau et eaux usées :**

Dans des services ressources hydrauliques, les cartes de haute résolution détaillent la localisation géographique des pipelines souterrains, bassins versants, réservoirs et installations hydroélectriques. La base de données d'informations permet au service d'évaluer les possibilités de développement.

- **Foresterie :**

Les services de foresterie se servent d'un SIG comme composant clé permettant de gérer les ressources de gros bois d'œuvre et de maintenir une gestion durable des forêts. Ces organismes tirent partie des fonctionnalités SIG pour des applications très diverses : estimation des sols, analyse du marché de gros bois d'œuvre, planification des itinéraires des récoltes et visualisation du paysage rural.

- **Exploitation minière :**

La modélisation des terrains et des gisements, l'exploration, le forage, les programmes d'exploitation, la remise en état et la réhabilitation est des éléments cartographiques et numériques importants pour l'exploitation minière.

- **Ressources naturelles :**

L'exploration de pétrole et de gaz, l'aménagement hydraulique, la gestion du gros bois d'œuvre et les opérations minières sont autant d'éléments qui nécessitent une évaluation fiable pour favoriser la croissance dans les zones capables de la soutenir, tout en évitant la pollution des rivières ou la destruction des ressources. Le délicat équilibre entre le développement industriel et la préservation de l'environnement nécessite des outils de modélisation et des outils analytiques de données spatiales.

- **Bibliothèques et musées :**

Un SIG permet de créer des cartes interactives pour les expositions dans les musées que les visiteurs peuvent ensuite consulter pour découvrir un personnage, un lieu ou un événement. Un SIG est également un outil de recherche précieux qu'utilisent les scientifiques et les chercheurs pour nous aider à mieux comprendre les systèmes naturels et les cultures humaines, de l'anthropologie à la zoologie. [9]

IV.8 Conclusion

Les SIG sont devenus très performants grâce aux progrès effectués sur les logiciels et sur les matériels. Ils permettent de traiter rapidement et efficacement des volumes importants de données et souvent en temps réel. La mise à disposition de données à jour concourt à faciliter la mise en œuvre d'applications utilisant l'Information Géographique et permet d'assurer des résultats de qualité. [10]

Chapitre V. Simulations et Résultats

Le langage de programmation a été utilisé pour localiser la position des aéronefs à n'importe quel moment (Figure V-1).

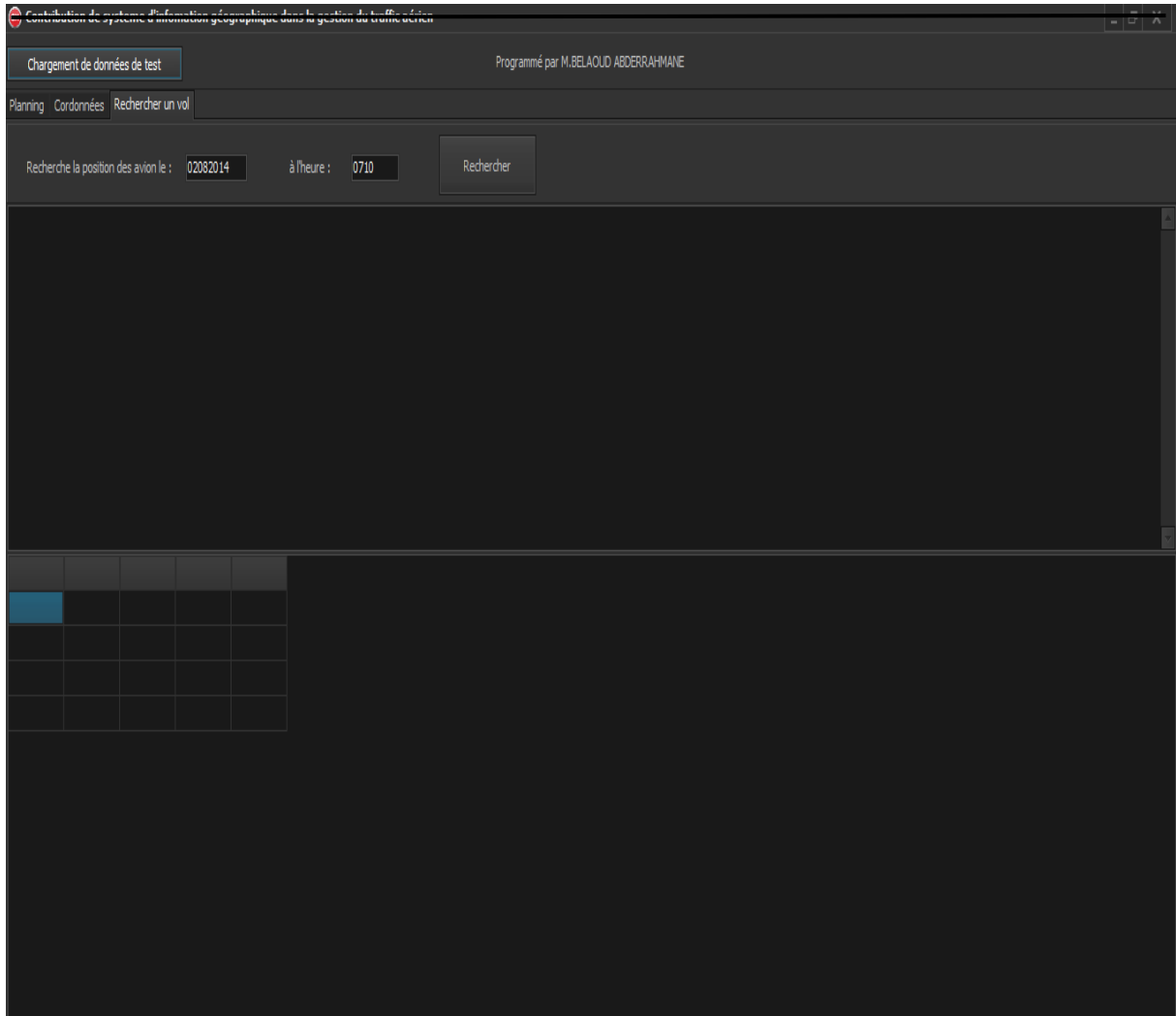


Figure V-1 Programme de localisation de position des aéronefs

La figure suivante montre comment introduire les vols à partir de leurs provenances, destination, type d'avion, numéro de vol, immatriculation d'aéronef, les points de repère et leurs niveaux.

Chargement de données de test Programmé par M.BELAOUD ABDERRAHMANE

DATE	PROV	DEST	NLIG	TYP	IMMAT	POINT1	NIVEAU1	HEUR1	POINT2	NIVEAU2	HEUR2	POINT3	NIVEAU3	HEUR3	POINT4	NIVEAU4	HEUR4	POINT5	NIVEAU5	HEUR5
02082014	DAAG	DAOO	DAH6500	B738	7TVKA	DAAG	110	0701	CHE	280	0716	DAHRA	280	0721	MOS	280	0726			

Figure V-2 illustration comment introduire le vol .

La figure suivante montre comment introduire les coordonnées géographiques des ponts de repère envisagés.

Chargement de données de test Programmé par M.BELAOUD ABDERRAHMANE

Point	Longitude	Latitude
CHE	31	42
DAHRA	31	45
DAAG	31	47

Figure V-3 illustration comment introduire les coordonnées

La figure ci-dessus illustre les résultat de la recherche en terme de coordonnées géographiques des aéronefs choisis.

Chargement de données de test Programmé par M.BELAOUD ABDERRAHMANE

Recherche la position des avion le : à l'heure :

ANALYSE DES DONNEES//////////
 L'Avion mat° 7TVKA a volé le 02082014
 - l'appareil est passé par le point DAAG à l'heure 0701
 - l'appareil est passé par le point CHE à l'heure 0716
 - l'appareil est passé par le point DAHRA à l'heure 0721
 - l'appareil est passé par le point MOS à l'heure 0726
 RESULTAT: L'avion est entre le point DAAG (701) et le point CHE (716)
 Interpolation de la position actuelle de l'avion
 . Détail sur la position DAAG : X=31 & Y=47
 . Détail sur la position CHE : X=31 & Y=42
 . Détail parcours distance entre balise (Axe X,Y, Temps): X:0 Y:-5 T:15
 . Position estimé en rapport à la première balise, balise quitté depuis 9 minutes
 . Lon:31 Lat:44

Matricule	Provenance	Destination	NLIG	TYP	Longitude	Latitude
7TVKA	DAAG	DAOO	DAH6500	B738	31	44

Figure V-4 résultat de la recherche

Conclusions générales

La capacité d'un système ATS dépend de nombreux facteurs, notamment de la structure des routes ATS, de la précision de navigation des aéronefs qui utilisent l'espace aérien considéré, d'éléments liés aux conditions météorologiques et de la charge de travail des contrôleurs. Il faut tout mettre en œuvre afin d'assurer une capacité suffisante pour le trafic normal et le trafic de pointe. Cela dit, lors de la mise en œuvre de toute mesure visant à accroître la capacité, l'autorité ATS responsable s'assurera, que les niveaux de sécurité ne sont pas compromis.

Le nombre d'aéronefs auxquels un service ATC est assuré ne dépassera pas celui qui peut être acheminé en toute sécurité dans les circonstances existantes par l'organisme ATC intéressé. Afin de définir le nombre maximum de vols pouvant être pris en charge en toute sécurité, l'autorité ATS compétente devrait évaluer et déclarer la capacité ATC pour les régions de contrôle, les secteurs de contrôle à l'intérieur d'une région de contrôle ainsi que les aérodromes.

La capacité ATC devrait être exprimée sous la forme du nombre maximal d'aéronefs qui peuvent être acceptés au cours d'une période donnée dans l'espace aérien ou à l'aérodrome concerné.

Bibliographie

- [1] OACI, Doc 4444 Gestion du l'espace aérien, 2007.
- [2] OACI, ANEX2 Regle de l'air, 15 em edition, 2005.
- [3] OACI, Doc 9882 Manuel de gestion du trafic aérien et exégences des systemes, 2008.
- [4] OACI, Doc 9426 Manuel de planification des service de la circulation aérienne, 1984.
- [5] OACI, ANEX11 Service de la circulation aérienne, 2001.
- [6] «Plan directeur de gestion du trafic aerien ATM».
- [7] ingénirie des systemes de trafic aérien.
- [8] «Qu'es ce qu'un system d'information géographique».
- [9] «Les principes de system d'information géographique».
- [10] «system d'information géographique ; tout savoir sur un SIG».
- [11] OACI, DOC9859 Manuel de gestion de la seurité, 1er edi, 2006.
- [12] OACI, DOC 8126 Manuel des services d'information aéronautique, 6em edi, 2003.
- [13] OACI, DOC 9157 Manuel de conception des aérodromes, 4em edi, 2005.
- [14] «System ATM».