

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



UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1

Etablissement Nationale De La Navigation Aérien



INSTITUT D'AERONAUTIQUE ET DES ETUDES SPATIALES

DEPARTEMENT DE NAVIGATION AERIENNE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme

De Master en Aéronautique

Option : Exploitation Aéronautique

Thème

Etude et calcul de la capacité d'approche
d'Alger Houari Boumediene

Fait par

Mlle Fekroune Katia & Mlle Atmane Salsabil

Dirigés par :

- Mme Bencheikh Saliha
- Mme Kallil Selma
- Mr Khelifaoui Ahcene

Année universitaire 2022/2023

Remerciement

Nous remercions tout d'abord, Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces années d'études.

On tient à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice, Madame Bencheikh Saliha et la Co-promotrice madame Selma Kalil , pour son suivi et ces conseils durant toute la période de ce travail.

A l'issue de notre stage, nous adressons notre remerciement à tout le Personnel de la tour de contrôle d'Alger et du CCR, qui ont contribué de près ou de loin au bon acheminement de cette formation.

Nous tenons à remercier tout particulièrement et Mr Khelifaoui Ahcene pour son accueil et la confiance qu'il nous a accordé. Nous sommes reconnaissants pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de l'expérience enrichissante, et sa participation au cheminement de ce travail.

Enfin, je tiens également à remercier, toutes personnes qui ont Participé de près ou de loin, d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et du respect à A mon très cher père Samir, pour tous les efforts et les sacrifices que tu n'as jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien -être.

A ma très chère mère Ouarda . Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A mes petits frères Abdou et Arslan et Abdelhak avec tous mes vœux de réussite.

A toute ma famille je vous remercie pour tout le soutien exemplaire et l'amour exceptionnel que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours.

A Ma chère amie et binôme Atmane Salsabil et sa famille

A tous mes amie : Ahlem, Donia , Cylia, Sabrina,ibrahim,Abdou, ...et tous ceux qui me sont chers. A eux tous, je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès

Katia

Dédicace

Dieu merci de m'avoir permis de réaliser ce travail

Je dédie ce modeste fruit d'étude :

*A ce lui qui a fait l'impossible pour me donner le bonheur
mon père A.Atmane ainsi pour tous ses sacrifices sa
tendresse, ses prières tout au long de mes études .*

*A celle qui est la plus chère au monde qui n'a pas cessé
m'encourager de prier pour moi, leur amour et leur soutien.*

Que dieu te protège mama R.Sabrina.

A mes hommes : Hakim, Moumen , Iyad

A mes meilleures soeurs au monde : Anfal, Sarah et Ines

*A ma partenaire f.katia qui m'a toujours épauler durant ces
années précédents*

*A tous ceux qui me sont chères et qui m'ont aidée
et soutenue*

Salsabil.

Liste d'abréviation :

°C : Degré Celsius.
AIS : Aeronautical Information Service
ALT : Altitude
APCH : Approche
APP : Approche
APS : Approche Système
ARO : Aeronautical Reporting Office
ASECNA : Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique
ASM : Air Space Management
ATC : Air Traffic Control
ATFM : Air Traffic Flow Management
ATM : Air Traffic Management
ATS : Air Traffic Service
AWY : Airway
BIA : Bureau d'Information Aéronautique
BP : Bureau Piste
C_{AD} : Capacité Aéroport
C_{App} : Capacité Approche
CAT : Catégorie
CPL : Current Plan
CQRENA : Centre de Qualification de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérien
Crwy : la capacité horaire de la piste .
CTA : Control Terminal Aera
CTR : Control Terminal region
DAAG : Houari Boumediene
DAH : Air Algérie
DAM : Département Administrative et Moyens
DDNA : Direction de Développement de la Navigation Aérien
DE : Département Énergétique
DEC : Décollage

DENA : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérien
DF : Final Decent
DFRC : Direction des Ressources de Finance et de la Comptabilité
DJRH : Direction Juridique et des Ressources Humaines
DME : Distance Measuring Equipment.
DSA : Direction De la Sécurité Aérien.
DTNA : Direction Technique de da Navigation Aérien
DTR : Département Télécommunication et Radionavigation
E : Est
ENNA : Etablissement National de la Navigation Aérien.
FAX : Facsimilé
FIR : Flight Information Region
FIS : Flight Information Service
FPL : Flight Plan
GP : Glide Path
H : Hauteur
IFR : Instrument Flight Rules
ILS : Instrument Landing Systeme
INS : Instrument Navigation System
K : La densité
L : Landing
LAT : Latitude
LDI : Landing Direction Indicator
LLZ : Localizer
LOG : Longitude
M : Mètre
M/S : Vitesse
MET : Météorologie
Mh : Séparation Horizontale
Mhz : Méga hertz
MSSR : Secondary Surveillance Radar
Mv : Séparation Verticale
N : Nord

Nac : le nombre de mouvements des aéronefs
NDB : Non Directional Beacon
NM : Nautique Mille
NR : Numéro
OACI : Organisation d'Aviation Civile International
PAPI : Précision Approche Path Indicator
PSR : Primary Surveillance Radar
Q : Voulume
QFU : Q-code de l'aviation pour cap magnétique d'une piste
RCL : Runwy Center Ligne
REH : Runway Extrimity High intensity
RPL : Repetitive Plan
RTI : Runway Threshold Indicator
RWE : Runway Edge
RWY : Runway.
S : Mode S
S.CCA : Service de Contrôle de la Circulation Aérien
S.OPS : Service Opération aérien
SCA : Service de Circulation Aérien
SFA : Service Fixe Aéronautique
SFL : Sequence Flashing lite
SGSIA : Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires d'Alger
SMR : Radar Sol
SSLI : Service de Sauvetage et Lutte contre Incendie
SSMC : Service De Contrôle de la Sécurité sur l'Air de Mouvement
STB : Stop Bar
STD : Standard
SUN/THU : Sunday/ Thursday
T : Temps
TAX :Taxation
TDZ : Touch Down Zone
THR : Threshold
TMA : Terminal Aera

Trwy : le temp moyen d'occupation de la RWY
TWR : Tower
TWY : Taxiway
TXC : Taxiway Center ligne
TXE : Taxiway Edge
UIR : Upper Information Region
UIA : Upper Information Aera
VFR : Visuel Flight Rules
VHF : Very High Frequencies
VOR : VHF omnidirectional range

Liste des figures :

Figure	Titre	Page
I.1	Région Inferieure de Contrôle	6
I.2	Catégorie de Service de contrôle	10
I.3	Les composantes des services de la navigation aérienne	17
II.1	L'organigramme de L'ENNA	24
II.2	L'organigramme de DSA	25
II.3	Fiche Technique DAAG	27
II.4	Fiche technique système ILS	36
II.5	Fiche Technique de GP	37
II.6	Fiche Technique de LIZ.	37
II.7	Fiche Technique de GP.	38
II.8	Fiche technique De D.VOR 4000	38
II.9	Fiche technique De D.VOR 432.	39
II.10	Fiche Technique de D.VOR 432	39
II.11	Fiche technique VHF-DF	40
II.12	Fiche Technique Radar PSR/MSSR	40
II.13	Fiche Technique Radar de Mouvement Surface	40
III.1	Trafic aérien secteur d'approche DAAG en 2019	55
III.2	Trafic aérien en juillet 2019	56
III.3	Trafic de la journée la plus chargée 23/07/2019	56
III.4	Trafic aérien en 2022.	57
III.5	Trafic en juillet 2022	58
III.6	Trafic de la journée 07/07/2022	58
III.7	Caractéristiques d'une Piste.	60
III.8	Séparation de 2 minutes entre aéronefs qui suivent la même route	64
III.9	Séparation de 5 minutes entre aéronefs au départ qui suivent la même route	64
III.10	Séparation d'une minute entre aéronefs au départ qui suivent des routes divergeant d'au moins 45 degrés	65
III.11	Courbe de la journée la plus chargée du janvier 2019	67
III.12	Courbe de la journée la plus chargé du décembre 2019	68

III.13	Courbe de la journée la plus chargée du mars 2019	68
III.14	Courbe de la journée la plus chargée d'Aout 2019	69
III.15	Courbe de la journée la plus chargée du janvier 2022	69
III.16	Courbe de la journée la plus chargée du juillet 2022	70
IV.1	L'organigramme de calcul de capacité	78
IV.2	Affichage des résultats.	79
IV.3	Résultat du système de calcul et de la prévision de capacité.	80

Liste des tableaux :

Tableau	Titre	Page
II.1	Données géographique et administratives Relatives à l'aérodrome.	29
II.2	Heures DE Fonctionnement	29
II.3	Service d'escale et Assistance	30
II.4	Services aux passagers	31
II.5	Services de sauvetage et lutte contre incendie.	31
II.6	Aire de trafic, voies de circulation et emplacement de vérification	32
II.7	Système de guidage et de contrôle des mouvements à la surface et balisage.	33
II.8	Obstacles aires d'approche et décollage.	34
II.9	D'obstacles Aires de manœuvres à vue et aérodrome.	34
II.10	Balisage	35
II.11	Fréquence radio	41
II.12	Équipements radio de base	41
III.1	Les Limites Latérales	43
III.2	Les Cadences d'approche à l'aérodrome d'Alger	47
III.3	Les cadences d'approche à l'aérodrome de Boufarik	47
III.4	Utilisation des pistes en 2019	61
III.5	Utilisation des pistes en 2022	62
III.6	Classification des parkings selon le type d'aéronef	63
IV.1	Les paramètres utilisés dans les calculs de capacité	67

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviations	
Introduction Générale.....	1

Chapitre I : Généralités

I.1. Introduction.....	3
I.2. Les Services de la Navigation Aérienne (ANS)	3
I.2.1. Concept CNS/ATM.....	3
I.2.1.1. Communication.....	3
I.2.1.2. Navigation.....	4
I.2.1.3 Surveillance.....	4
I.2.2. Le système de l'ATM	4
I.2.2.1. La gestion de l'espace aérien (ASM)	16
I.2.2.1.1. La structure de l'espace aérien	16
I.2.2.1.2. Classification des espaces aériens	7
I.2.2.1.3. Division de l'espace aérien.....	8
I.2.2.2. Services de la circulation aérienne (ATS)	8
I.2.2.2.1. Service d'alerte.....	8
I.2.2.2.2. Le service d'information de vol (FIS).....	8
I.2.2.2.3. Le service de contrôle (ATC)	9
I.2.2.2.4. Les types de contrôle.....	11
I.2.2.2.5. Plan de vol	11
I.2.2.3. La gestion des courants de trafic aérien ATFM	12
I.2.2.3.1. Définitions de l'ATFM	12
I.2.2.3.2. EUROCONTROL	13
I.2.2.3.3. Glissement terminologique de l'ATFM vers l'ATFCM	13
I.2.2.3.4. Objectifs de l'ATFM	13
I.2.2.3.5. Les principes de L'ATFM	13
I.2.2.3.6. Solutions ATFCM.....	14
I.2.2.3.7. Phases de l'ATFCM	14
I.2.2.3.8 Acteurs participant dans l'ATFCM.....	15
I.2.2.3.9. Vols exemptés des mesures ATFCM	15
I.2.2.3.10. Mesures ATFM	15

I.2.3. Les autres services de la navigation aérienne	16
I.2.3.1. Le Service d'Information Aéronautique (AIS)	16
I.2.3.2. La météorologie	16
I.2.3.3. Recherche et sauvetage	17
I.3. La capacité.....	18
I.3.1. Définition la capacité.....	18
I.3.2. La capacité aéroportuaire.....	18
I.3.3. La capacité des sous-systèmes.....	18
I.3.4. Les différents types de capacités	19
Conclusion.....	21

Chapitre II : l'Aérodrome Houari Boumediene

II.1. Introduction	22
II.2. Présentation des entreprises lieux de stage.....	22
II.2.1. ENNA : Etablissement National De La Navigation Aérienne	22
II.2.1.1. Mission De L'ENNA	23
II.2.1.2. Organisation De L'ENNA	23
II.2.1.3. Direction de la Sécurité Aéronautique(DSA).....	24
II.2.1.4. L'Organigramme De DSA.....	24
II.3. SGSIA (Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuares d'Alger) ..	25
II.3.1. Définition	25
II.3.2. L'objet de l'organisme.....	25
II.4. Présentation de l'aéroport d'Alger « Houari Boumediene ».....	26
II.4.1. Historique	26
II.4.2. Descriptif technique DAAG	27
II.4.3. Aérogares passagères.....	28
II.4.4. Données géographique et administratives Relatives à l'aérodrome.....	29
II.4.5. Heures DE Fonctionnement	29
II.4.6. Service d'escale et Assistance	30
II.4.7. Services aux passagers	31
II.4.8. Services de sauvetage et lutte contre incendie	31
II.4.9. Aire de trafic, voies de circulation et emplacement de vérification	32
II.4.10. Système de guidage et de contrôle des mouvements à la surface et balisage	33
II.4.11. Obstacle d'aérodrome.....	34
II.4.12 Moyens disponibles à DAAG	34
II.4.12.1. Aides visuelles et balisage	34

II.4.12.1.1. Le papi	34
II.4.12.1.2. Exploitation.....	35
II.4.12.1.3. Le balisage	35
II.4.12.2. Aides à la navigation.....	36
II.4.12.2.1. Désignation et détails des équipements radioélectriques.....	36
II.4.12.3. Radiophare Omnidirectionnel (V.O.R)	38
II.4.12.4. Distance Mesuring Equipment (DME)	40
II.4.12.4.1. Radiophare Non-Directionnel (NDB) ET Locator	40
II.4.12.5. Moyen de surveillance	40
II.4.12.5.1. Radar PSR/MSSR	40
II.4.12.5.2. Radar de Mouvement de Surface	40
II.4.12.6. Systèmes de communication.....	41
II.3.12.6.1. Chaînes radio.....	41
II.4.12.7. Autre Moyens.....	41
II.4.13. Données Météorologiques	41
Conclusion.....	42

Chapitre III : L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

III.I. Introduction.....	43
Section1	
III.2. La Capacité de secteur d'approche.....	43
III.2.1. Définition de la capacité d'un secteur	43
III.2.2. Description du secteur d'approche d'Alger	43
III.2.3. Les types de séparation.....	44
III.2.3.1. Séparation Radar	44
III.2.3.2. Séparation aux procédures	44
III.2.3.3. Séparation en fonction de la turbulence de sillage.....	46
III.2.4 Minimums de séparation longitudinale en fonction de la turbulence de sillage fondés sur le temps.....	46
III.2.5. Les cadences d'approche à l'aéroport d'Alger sont les suivantes	47
III.2.6. Facteurs déterminant la capacité d'approche.....	47
III.2.7. Les modèles mathématiques de calcul de la capacité.....	49
III.2.8. Techniques d'estimation de la capacité d'un secteur ou d'un poste de travail ATC ..	50
Section 2	
III.2. Capacité Aéroport	59
III.2.1. Définition.....	59

III.2.2. Facteurs déterminant la capacité aéroport.....	59
III.2.3. L'Exploitation des infrastructures de l'aéroport	59
III.2.3.1. La Piste Dans un Aéroport (Rwy/AD)	59
III.2.3.1.1. Définition d'une Rwy.....	59
III.2.3.1.2. Conception et choix de la piste.....	59
III.2.3.1.3. Caractéristique d'une piste	60
III.2.3.1.4. Les Causes d'Obstruction d'une piste.....	61
III.2.3.1.5. Cas Houari Boumediene DAAG	61
III.2.3.2. Parking	62
III.2.4. Séparation aéroport	63
III.2.4.1. Type de Séparation.....	64
III.2.4.2. Turbulence de sillage (J-H-M-L)	66
III.2.5. Les méthodes de calcul de la capacité aéroport	66
III.2.5.1. Méthode des mouvements pour le calcul de la capacité aéroport	66
III.2.5.2. La méthode expérimentale.....	66
III.2.5.2.1. Etude Analytique	67
Conclusion.....	70

Chapitre IV : Système de calcul de Capacité

IV.1 Introduction	72
IV.2. Méthode Choisie et la Raison.....	72
IV.3. Méthode Charge de travail.....	72
IV.3.1. Description du procédé	72
IV.4. Système de calcul de la capacité.....	75
IV.4.1. Les paramètres Utilisés	76
IV.4.2. Les Fonctions utilisés.....	76
IV.5. L'organigramme de calcul :	77
IV.6. Résultat de Système.....	79
IV.7 Les Solutions ATFCM	81
Conclusion Générale	82

Références

Annex

Introduction Générale

I.1.Introduction

I.2. Les Services de la Navigation Aérienne (ANS)

I.2.1. Concept CNS/ATM

I.2.1.1. Communication

I.2.1.2. Navigation

I.2.1.3 Surveillance

I.2.2. Le système de l'ATM

I.2.2.1. La gestion de l'espace aérien (ASM)

I.2.2.1.1. La structure de l'espace aérien

I.2.2.1.2. Classification des espaces aériens

I.2.2.1.3. Division de l'espace aérien

I.2.2.2. Services de la circulation aérienne (ATS)

I.2.2.2.1. Service d'alerte

I.2.2.2.2. Le service d'information de vol (FIS)

I.2.2.2.3. Le service de contrôle (ATC)

I.2.2.2.4. Les types de contrôle

I.2.2.2.5. Plan de vol

I.2.2.3. La gestion des courants de trafic aérien ATFM

I.2.2.3.1. Définitions de l'ATFM

I.2.2.3.2. EUROCONTROL

I.2.2.3.3. Glissement terminologique de l'ATFM vers l'ATFCM

I.2.2.3.4. Objectifs de l'ATFM

I.2.2.3.5. Les principes de L'ATFM

I.2.2.3.6. Solutions ATFCM

I.2.2.3.7. Phases de l'ATFCM

I.2.2.3.8 Acteurs participant dans l'ATFCM

I.2.2.3.9. Vols exemptés des mesures ATFCM

I.2.2.3.10. Mesures ATFM

I.2.3. Les autres services de la navigation aérienne

I.2.3.1. Le Service d'Information Aéronautique (AIS)

I.2.3.2. La météorologie

I.2.3.3. Recherche et sauvetage

I.3. La capacité

I.3.1. Définition la capacité

I.3.2. La capacité aéroportuaire

I.3.3. La capacité des sous-systèmes

I.3.4. Les différents types de capacités

Conclusion

II.1. Introduction

II.2. Présentation des entreprises lieux de stage

II.2.1. ENNA : Etablissement National De La Navigation Aérienne

II.2.1.1. Mission De L'ENNA

II.2.1.2. Organisation De L'ENNA

II.2.1.3. Direction de la Sécurité Aéronautique (DSA)

II.2.1.4. L'organigramme de DSA

II.3. SGSIA (Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires d'Alger)

II.3.1. Définition

II.3.2. L'objet de l'organisme

II.4. Présentation de l'aéroport d'Alger « Houari Boumediene »

II.4.1. Historique

II.4.2. Descriptif technique DAAG

II.4.3. Aérogares passagers

II.4.4. Données géographique et administratives Relatives à l'aérodrome

II.4.5. Heures DE Fonctionnement

II.4.6. Service d'escale et Assistance

II.4.7. Services aux passagers

II.4.8. Services de sauvetage et lutte contre incendie

II.4.9. Aire de trafic, voies de circulation et emplacement de vérification

II.4.10. Système de guidage et de contrôle des mouvements à la surface et balisage

II.4.11. Obstacle d'aérodrome

II.4.12 Moyens disponibles à DAAG

II.4.12.1. Aides visuelles et balisage

II.4.12.1.1. Le papi

II.4.12.1.2. Exploitation

II.4.12.1.3. Le balisage

II.4.12.2. Aides à la navigation

II.4.12.2.1. Désignation et détails des équipements radioélectriques

- II.4.12.3. Radiophare Omnidirectionnel (V.O.R)
- II.4.12.4. Distance Mesuring Equipment (DME)
 - II.4.12.4.1. Radiophare Non-Directionnel (NDB) ET Locator
- II.4.12.5. Moyen de surveillance
 - II.4.12.5.1. Radar PSR/MSSR
 - II.4.12.5.2. Radar de Mouvement de Surface
- II.4.12.6. Systèmes de communication
 - II.3.12.6.1. Chaînes radio
- II.4.12.7. Autre Moyens

II.4.13. Données Météorologiques

Conclusion

III.I. Introduction

III.2. La Capacité de secteur d'approche

- III.2.1. Définition de la capacité d'un secteur
- III.2.2. Description du secteur d'approche d'Alger
- III.2.3. Les types de séparation
 - III.2.3.1. Séparation Radar
 - III.2.3.2. Séparation aux procédures
 - III.2.3.3. Séparation en fonction de la turbulence de sillage
- III.2.4 Minimums de séparation longitudinale en fonction de la turbulence de sillage fondés sur le temps
- III.2.5. Les cadences d'approche à l'aérodrome d'Alger sont les suivantes
- III.2.6. Facteurs déterminant la capacité d'approche
- III.2.7. Les modèles mathématiques de calcul de la capacité

- III.2.8. Techniques d'estimation de la capacité d'un secteur ou d'un poste de travail ATC

III.2. Capacité Aéroport

- III.2.1. Définition
- III.2.2. Facteurs déterminant la capacité aéroport
- III.2.3. L'Exploitation des infrastructures de l'aéroport
 - III.2.3.1. La Piste Dans un Aéroport (Rwy/AD)
 - III.2.3.1.1. Définition d'une Rwy*
 - III.2.3.1.2. Conception et choix de la piste*
 - III.2.3.1.3. Caractéristique d'une piste*
 - III.2.3.1.4. Les Causes d'Obstruction d'une piste*
 - III.2.3.1.5. Cas Houari Boumediene DAAG*
 - III.2.3.2. Parking
- III.2.4. Séparation aéroport
 - III.2.4.1. Type de Séparation
 - III.2.4.2. Turbulence de sillage (J-H-M-L)
- III.2.5. Les méthodes de calcul de la capacité aéroport
 - III.2.5.1. Méthode des mouvements pour le calcul de la capacité aéroport
 - III.2.5.2. La méthode expérimentale
 - III.2.5.2.1. Etude Analytique*

Conclusion

IV.1 Introduction

IV.2. Méthode Choisie et la Raison

IV.3. Méthode Charge de travail

IV.3.1. Description du procédé

IV.4. Système de calcul de la capacité

IV.4.1. Les paramètres Utilisés

IV.4.2. Les Fonctions utilisés

IV.5. L'organigramme de calcul :

IV.6. Résultat de Système

IV.7 Les Solutions ATFCM

Conclusion Générale

Résumé

Le trafic aérien mondial continue de croître depuis des décennies, la question de la capacité du réseau et de l'infrastructure qui le compose devient une préoccupation majeure. Sans politiques pour soutenir une telle croissance, la saturation de l'ensemble du système est inévitable à long terme.

Le but de notre étude est d'éviter cette saturation par le calcul de la capacité aéroportuaire et d'approche en utilisant des méthodes mathématiques et expérimentales afin d'exploiter les résultats pour les prévisions de trafic.

ملخص

استمرت الحركة الجوية العالمية في النمو لعقود من الزمن، وأصبحت قضية قدرة القطاع الجوي والبنية التحتية التي تتكون منها مصدر قلق كبير. بدون سياسات لدعم هذا النمو، فإن التشبع على مستوى النظام أمر لا مفر منه على المدى الطويل.

الغرض من دراستنا هو تجنب هذا التشبع عن طريق حساب قدرة المطار والقطاع الجوي باستخدام الأساليب الرياضية والتجريبية من أجل استغلال النتائج لتوقعات حركة المرور.

Abstract

Global air traffic has continued to grow for decades, the issue of network capacity and the infrastructure that composes it is becoming a major concern. Without policies to support such growth, system-wide saturation is inevitable in the long run.

The purpose of our study is to avoid this saturation by calculating the aerodrome and approach capacity using mathematical and experimental methods in order to exploit the results for traffic forecasts.

Introduction general

Introduction Générale

Le trafic aérien augmente annuellement de 5 à 6%, l'espace aérien est limité, la position géostratégique de l'Algérie fait d'elle un carrefour de l'aviation mondiale. Cela mène les services de control de la circulation aérienne à subir des charges de travail très importantes résultant la capacité de gestion du trafic aérien (la sécurité aérienne) risque d'être compromise dû aux :

- Saturation de l'espace aérien.
- Saturation d'Aérodromes.

Pour résoudre ces problèmes de saturation, nous procédons à l'étude des capacités de ces derniers en déterminant le nombre d'aéronefs qu'une piste , ou un système de pistes, est apte à recevoir et le nombre de postes de stationnement pour les différentes catégories d'aéronefs et la capacité d'un secteur de contrôle.

La capacité c'est le nombre maximal d'aéronefs qui peuvent être acceptés et pris en charge en toute sécurité, au cours d'une période de temps donnée.

La capacité d'un secteur n'est pas constante, elle peut changer d'une journée à l'autre.

Plusieurs paramètres influent sur la capacité de l'espace aérien, ces paramètres sont parfois interprétés par des formules mathématiques basées sur l'analyse combinatoire afin de calculer la capacité. Une grande quantité de données est nécessaire pour arriver à une approche plus ou moins réelle pour déterminer la capacité d'un secteur de contrôle :

- Structuration de l'espace aérien (Routes, ADs, Sectorisation...)
- Moyens techniques (R/NAV, Com, Radar...)
- Personnel (effectif disponible, degré de qualification)
- La Météo et les performances des avions.

Le paramètre le plus important est la charge de travail qui est le montant de l'effort dépensé par le contrôleur en réponse aux exigences du système. Il existe une limite au-delà de laquelle le contrôleur en charge du secteur ne peut plus accepter de nouveaux avions, cette limite est définie comme la charge de travail « acceptable ». Le but de notre étude est de calculer la capacité de secteur approche et aérodrome d'Alger par des méthodes différentes

dont le rôle principal est de protéger le contrôleur aérien dans l'exercice de ses fonctions est d'assurer sa noble tâche en toute sécurité et de donner des solutions pour améliorer la capacité et pour la gestion en cas de saturation.

Nous avons choisi de scinder cette étude en quatre chapitres en commençant par le premier chapitre, nous allons parler sur les généralités CNS/ATM la gestion du trafic aérien : la gestion de l'espace aérien, la gestion des flux et le contrôle du trafic et sur la capacité et ses différents méthodes de calcul. Ensuite, dans le deuxième chapitre nous allons faire une présentation de l'aérodrome d'Alger. Dans le troisième chapitre nous allons définir les différentes méthodes étudiées de la capacité du secteur du contrôle d'approche et de l'aérodrome en tenant compte des facteurs qui influent sur cette capacité. Enfin, dans le quatrième chapitre nous allons exploiter l'une des méthodes qui nous donne une estimation de la capacité du secteur ATC ainsi que les résultats obtenus avec un système de prévision.

Chapitre I

Généralités

Chapitre I Généralités

I.1 Introduction

La sécurité de l'aviation est au cœur des objectifs fondamentaux de l'OACI. L'Organisation s'efforce en permanence, en étroite collaboration avec l'ensemble de la communauté du transport aérien, d'améliorer les bons résultats de l'aviation dans le domaine de la sécurité, tout en maintenant un niveau élevé d'efficacité, au moyen des services de la navigation aérienne.

Dans ce chapitre on va définir les différents services de la navigation aérienne et ses différentes composantes. Ainsi le terme capacité.

I.2. Les Services de la Navigation Aérienne (ANS) [1] :

Les services de la navigation aérienne (ANS) sont fournis par un ou plusieurs organismes étatiques ou privés (tels que l'ENNA, l'ONM et la DAT), aux usagers (Aircraft Operators AO's), pendant toutes les phases des opérations, ces services comprendront : la gestion du trafic aérien (ATM), la communication, la navigation et la surveillance (CNS), les services météorologiques pour la navigation aérienne (MET), la recherche et le sauvetage (SAR) et les services d'information aéronautique (AIS).

I.2.1. Concept CNS/ATM :

Des systèmes de Communications, de navigation et de surveillance, utilisant des technologies numériques, y compris les satellites avec des niveaux d'automatisation différents, appliquée à l'aide du système mondial de gestion du trafic aérien [1].

I.2.1.1. Communication :

Avec les systèmes CNS/ATM, les communications s'effectueront de plus en plus via des liaisons de données numériques sur canaux de communication existants. Données satellitaires et communications vocales, capables de couverture sont également introduites. Le radar secondaire de surveillance Mode S, de plus en plus utilisé pour la surveillance dans l'espace aérien à haute densité, a également la capacité de transmettre les données numériques et d'assurer la liaison AIR/SOL. Un réseau de télécommunications aéronautiques fournira pour l'échange de données numériques entre utilisateurs finaux sur des sous-réseaux de communication air-sol et sol dissemblables. L'utilisation régulière de la transmission de données à des fins ATM introduira de nombreux changements dans la manière dont la communication entre l'air et le sol a lieu, et offrira en même temps de nombreuses nouvelles possibilités et opportunités.

I.2.1.2. Navigation :

Les améliorations de la navigation comprennent l'introduction progressive de la navigation de surface (RNAV) capacités ainsi que le système mondial de navigation par satellite (GNSS). Ces systèmes offrent pour une couverture de navigation mondiale et sont utilisés pour la navigation en route dans le monde entier et pour les approches de non-précision. Avec des systèmes d'augmentation appropriés et des procédures connexes, on s'attend à ce que ces systèmes prennent également en charge la plupart des approches de précision.

I.2.1.3 Surveillance :

Les modes radar de surveillance secondaire traditionnels continueront d'être utilisés pour la surveillance, parallèlement avec l'introduction progressive du Mode S dans les zones terminales et continentales des espaces aériens à haute densité de trafic. La percée majeure, cependant, est avec la mise en œuvre de la dépendance automatique surveillance (ADS). À l'aide de ce dernier, les aéronefs transmettront automatiquement leur position et d'autres des données telles que la vitesse de cap et d'autres informations utiles contenues dans la gestion de vol système, via satellite ou d'autres liaisons de communication, à une unité de contrôle de la circulation aérienne (ATC).

Logiciel est en cours de développement qui permettrait d'exploiter ces données directement au sol ordinateur pour détecter et résoudre les conflits. La diffusion ADS (ADS-B) est un autre concept de diffusion d'informations sur la position des aéronefs. En utilisant cette méthode, les aéronefs diffusent périodiquement leur position par rapport aux autres aéronefs ainsi qu'au système au sol.

I.2.2. Le système de l'ATM :

L'ATM (Air Traffic management) est la gestion dynamique intégrée de la circulation aérienne et de l'espace aérien, comprenant les services de la circulation aérienne (ATS, Air Traffic Services), la gestion de l'espace aérien (ASM, Air Space Management) et la gestion des courants de trafic aérien (ATFM, Air Traffic Flow Management) de façon sûre, économique et efficace par la mise en œuvre d'installations et de services sans discontinuité en collaboration avec tous les partenaires et faisant intervenir des fonctions embarquées et des fonctions au sol [2].

I.2.2.1. La gestion de l'espace aérien (ASM) :

Un espace aérien est un volume équipé et organisé dans le but de fournir une sécurité optimale à la circulation aérienne évoluant à l'intérieur.

L'objectif est d'optimiser l'utilisation de la ressource importante qu'est l'espace aérien pour répondre aux besoins des différents utilisateurs, y compris les entités civiles et militaires. sous l'enceinte d'une étroite collaboration entre ces entités, actuellement en Europe, on se penche de plus en plus vers une gestion flexible de l'utilisation de l'espace aérien appelée (Flexible Use of Airspace FUA) .

Ce service concerne la gestion de l'espace aérien, y compris ses routes, ses zones et ses niveaux de vol, ainsi que la configuration nécessaire pour faciliter la fourniture des services de contrôle du trafic aérien.

I.2.2.1.1. La structure de l'espace aérien [2] :

Afin d'assurer une gestion efficace du trafic et de définir clairement la responsabilité des services fournis, l'espace aérien est divisé en plusieurs sections, chacune adaptée pour accueillir différents volumes de trafic et types d'activités aériennes.

a) **Espace aérien contrôlé** : Espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré selon la classification des espaces aériens.

- **Région de contrôle (CTA)** : Espace aérien contrôlé situé au-dessus d'une limite déterminée par rapport à la surface.

Les CTA peuvent être constituées par :

- **Région de contrôle terminale (TMA)** : Région de contrôle établie, en principe, au carrefour de routes ATS aux environs d'un ou de plusieurs aérodromes importants.

- **Voie aérienne (AWY)** : Région de contrôle ou portion de région de contrôle présentant la forme d'un couloir. Avec une largeur déterminée par la précision avec laquelle les aéronefs qui les utilisent sont capables de suivre leurs trajectoires assignées.

Chapitre I Généralités

- **Zone de contrôle (CTR)** : Espace aérien contrôlé s'étendant verticalement à partir de la surface jusqu'à une limite supérieure spécifiée. La limite latérale de la zone couvre un segment d'espace aérien qui comprend les routes des vols IFR à destination et en provenance des aérodromes destinés à être utilisés dans des conditions météorologiques de vol aux instruments. Ces aérodromes ne sont pas situés dans une région de contrôle.

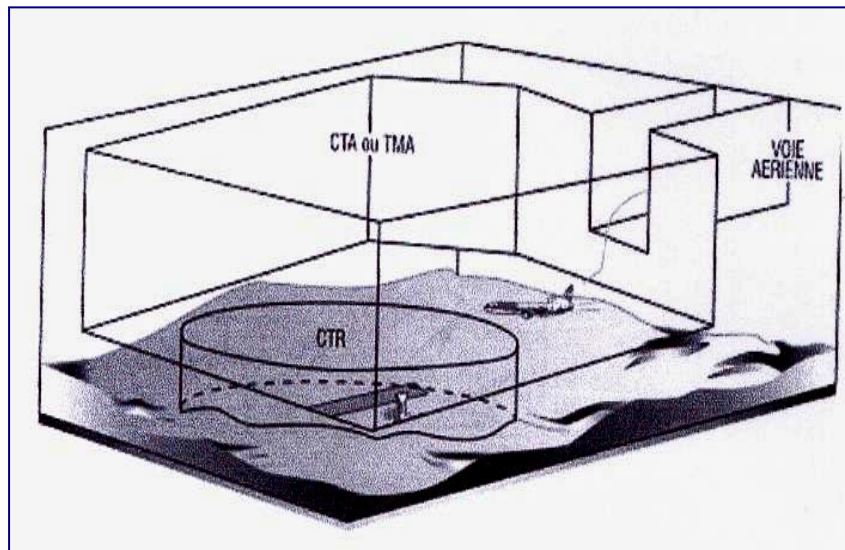


Figure I.1 : Région inférieure de contrôle

b) Espace aérien non contrôlé : L'espace aérien non contrôlé est un espace de trafic moindre qui correspond aux classes F et G qui ont été désignés pour les services d'information de vol et d'alerte.

L'espace aérien non contrôlé est divisé en :

- Espace aérien supérieur appelé région supérieure d'information de vol (UIR) :

Du niveau FL245 à illimité.

- Espace aérien inférieur appelé région d'information de vol (FIR) : Espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel le service d'information de vol et le service d'alerte sont assurés.

Il va de 450m de la surface de la terre ou de la mer au niveau de vol FL245 inclus.

c) Zones à statut particulier :

Les espaces aériens réglementés peuvent se présenter sous les formes suivantes [3]. :

Chapitre I Généralités

- **Zone dangereuse D (Dangerous) :** Espace aérien de dimensions définies, à l'intérieur duquel des activités dangereuses pour le vol des aéronefs peuvent se dérouler pendant des périodes spécifiées.
- **Zone interdite P (Prohibited) :** Espace aérien de dimensions définies, dans les limites duquel le vol des aéronefs est interdit.
- **Zone réglementée R (Reglemented) :** Espace aérien de dimensions définies, dans les limites duquel le vol des aéronefs est subordonné à certaines conditions spécifiées.

Chaque zone est affectée d'une appellation composée de :

- Lettres de nationalité (DA),
- Lettre indiquant le type de la zone
- Numéro de la zone.

e) Routes ATS :

Route déterminée destinée à canaliser la circulation pour permettre d'assurer les services de la circulation aérienne. [2]

I.2.2.1.2. Classification des espaces aériens :

Les espaces aériens ATS 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 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 ; tous les vols sont contrôlés et les séparations sont assurées entre les vols IFR ; 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.

Chapitre I Généralités

- **Classe E** : Les vols IFR et VFR sont admis ; tous les vols IFR sont contrôlés et les séparations sont assurées entre les vols IFR ; tous les vols reçoivent dans la mesure du possible des informations de circulation.

- **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 d'un service d'information de vol sur demande.

- **Classe G** : Les vols IFR et VFR sont admis et bénéficient d'un service d'information de vol sur demande [3].

I.2.2.1.3. Division de l'espace aérien :

A l'intérieur de la FIR ALGER trois (03) classes d'espace aérien sont utilisées actuellement A, D et E. Cette FIR a été divisée en secteurs et chaque secteur est chargé de contrôler la portion de l'espace qui lui est affecté pour faciliter le contrôle de l'ensemble des aéronefs.

Les différents Secteurs sont :

- SECTEUR CENTRE (espace inférieur, espace supérieur)
- SECTEUR NORD/OUEST
- SECTEUR NORD/EST
- SECTEUR SUD/CENTRE
- SECTEUR SUD/OUEST
- SECTEUR SUD/EST
- SECTEUR SUD/SUD

I.2.2.2. Services de la circulation aérienne (ATS) :

Terme générique désignant, selon le cas, le service d'information de vol, le service d'alerte, le service consultatif de la circulation aérienne, le service du contrôle de la circulation aérienne (contrôle régional, contrôle d'approche ou contrôle d'aérodrome) [2].

I.2.2.2.1. Service d'alerte :

Chapitre I Généralités

Service assuré dans le but d'alerter les organismes appropriés lorsque des aéronefs ont besoin de l'aide des organismes de recherches et de sauvetage et de prêter à ces organismes le concours nécessaire

Tous les services ATC sont tenus d'assurer le service d'alerte.

I.2.2.2. Le service d'information de vol (FIS : Flight Information Service) :

Service assuré dans le but de fournir les avis et les renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols. Il permet d'acquérir des informations météorologiques sur la route, l'état des aérodromes et des installations radioélectriques, et toute présence connue d'aéronefs pouvant interférer avec un autre appareil.

I.2.2.3. Le service de contrôle (ATC : Air Traffic Control) :

Service assuré dans le but :

a) D'empêcher :

- Les abordages entre aéronefs ;
- Les collisions, sur l'aire de manœuvre, entre les aéronefs et des obstacles.

b) D'accélérer et de régulariser la circulation aérienne.

Le service ATC a été divisé en trois parties, en fonction de la phase spécifique du vol :

- Le contrôle d'aérodrome (décollage/atterrissage).
- Le contrôle d'approche (en évolution).
- Le contrôle en route (évolution/croisière).

➤ **Le contrôle d'aérodrome :**

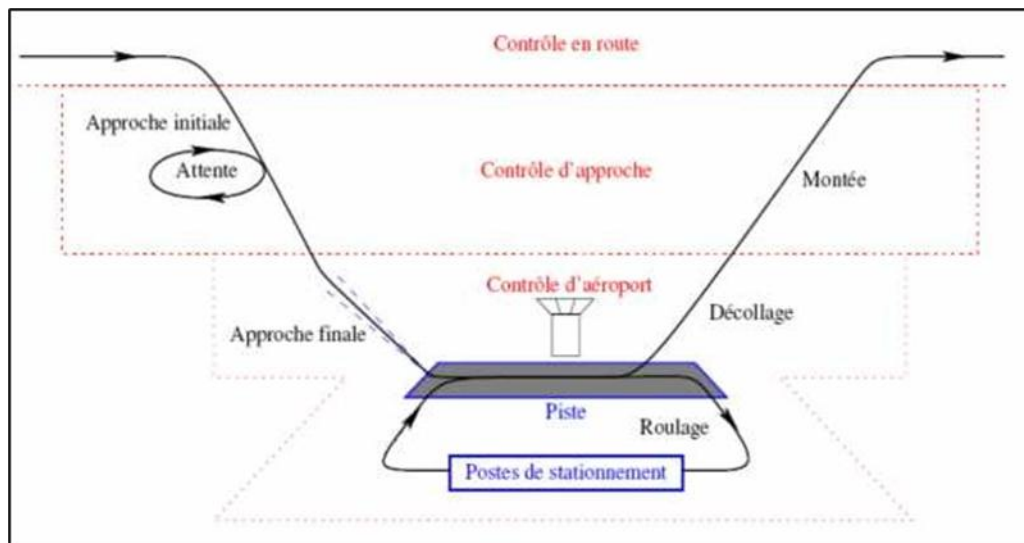
Fournit le contrôle sur les aérodromes et leurs abords immédiats ainsi que le contrôle de la circulation des aéronefs et des véhicules au sol afin d'éviter les collisions. Il est assuré à partir de la tour de contrôle TWR.

➤ **Le contrôle d'approche :**

Également fourni au voisinage des aérodromes. Le travail des contrôleurs aériens consiste à ramener les aéronefs entrants de leur point d'entrée dans la zone d'approche jusqu'à la piste

Chapitre I Généralités

ou la limite avec le contrôle tour de contrôle, et à guider les aéronefs au décollage, depuis leur transfert par la tour de contrôle jusqu'à leur point de sortie de la zone d'approche, tout en respectant les cadences d'utilisation des pistes.



➤ Le contrôle en route :

Le contrôle en route prend en charge tout le trafic (national et international) qui pénètre dans sa zone de responsabilité. Il concerne généralement les aéronefs en phase de croisière (en Algérie le centre de contrôle régional de Charba est le seul centre qui assure les services de la C.A. pour toute la FIR Alger).

Figure I.2 : Les catégories du service de contrôle.

Chaque secteur est pris en charge par deux contrôleurs :

a) Le contrôleur « exécutif » :

Le devoir d'assurer la séparation des aéronefs, tant en termes de distances horizontales que verticales, ainsi que de faciliter la communication entre les pilotes et la résolution des conflits, lui est attribué [4].

En cas de non-respect de la distance requise entre deux aéronefs, une alarme appelée "filet de sauvegarde " s'active. Cette alarme est destinée à alerter le contrôleur et à attirer son attention sur la situation.

Chapitre I Généralités

Afin d'exécuter les tâches de contrôle nécessaires, le contrôleur est équipé d'un téléphone, d'une image radar et d'un ensemble de bandes de papier d'aide à la mémoire, dites bandes de progression. Ces bandes contiennent des informations essentielles telles que l'indicatif d'appel de l'avion, le code du transpondeur, la vitesse, le niveau de vol demandé, la route, les heures de passage des balises suivantes et les autorisations accordées, entre autres données pertinentes.

Les strips sont disposées et classées en fonction de leur couleur. Chaque couleur correspond à une signification précise. Par exemple, le rouge signifie les départs tandis que le vert indique les arrivées. Le bleu indique les transitaires voyageant du nord au sud, tandis que le jaune signifie les transitaires se déplaçant du sud au nord. En cas de conflit, ils sont disposés les uns à côté des autres jusqu'à ce qu'une solution soit trouvée.

Dans le passé, les strips étaient fabriquées manuellement. Cependant, avec l'arrivée de la technologie automatisée, les imprimeurs ont pris la responsabilité de cette tâche au sein de chaque secteur.

b) Le contrôleur assistant :

Sa fonction consiste à coordonner les vols avec les unités de contrôle de la circulation aérienne situées dans les secteurs de contrôle adjacents, ainsi qu'avec les aéroports de son propre secteur. Le processus de coordination se déroule en une série de trois phases distinctes : L'annonce du vol et les termes et conditions du transfert de contrôle ont été rendus disponibles. Le processus de transfert de contrôle et d'acceptation nécessite la négociation de ses conditions. L'acte de transfert du contrôle à l'unité de contrôle de la circulation aérienne acceptante est en cours.

I.2.2.2.4. Les types de contrôle :

On distingue deux types de contrôle :

➤ Le contrôle radar :

Qui est assuré au moyen des indications du radar matérialisé par les échos des aéronefs apparaissant sur un écran radar.

➤ Contrôle aux procédures (classique) :

En Algérie, une méthode efficace de gestion du trafic aérien consiste à réguler les flux aériens grâce à l'utilisation de stations de radionavigation au sol telles que VOR, DME et

Chapitre I Généralités

NDB. Le positionnement des appareils est déterminé par les informations fournies par ces stations. En établissant un contact radio avec les aéronefs, les contrôleurs sont en mesure de déterminer leurs positions relatives et de créer une image mentale du trafic à l'aide de bandes de progression de vol appelées "Strip".

Conformément aux normes de l'OACI et aux aides à la navigation utilisée, les contrôleurs s'assurent du maintien des séparations.

I.2.2.2.5. Plan de vol :

Ensemble de renseignements spécifiés au sujet d'un vol projeté ou d'une partie d'un vol, transmis aux organismes des services de la circulation aérienne [2].

a) Différents types de plan de vol :

- Plan de vol déposé (FPL) FLIGHT PLAN :

C'est un plan de vol tel qu'il a été rédigé et déposé auprès des services de la CA.

- Plan de vol en vigueur (CPL) CURRENT PLAN :

Plan de vol comprenant les modifications éventuelles pendant le vol du plan de vol initial.

- Plan de vol répétitif (RPL) REPETITIVE PLAN :

Concernant une série de vols dont les caractéristiques de base sont identiques. Utilisé pour les vols IFR exploités le même jour pour plusieurs semaines consécutives

b) Dépôt du plan de vol : Un plan de vol doit être déposé pour [5] :

- Tout vol IFR.
- Tout vol appelé à bénéficier du service de contrôle de la CA
- Tout vol qui doit être effectué dans des FIR
- Tout vol devant franchir : des frontières, des zones désertiques ou maritimes
Tout vol appelé à évoluer à proximité d'une zone à statut particulier afin d'éviter toute interception.

I.2.2.3. La gestion des courants de trafic aérien ATFM :

I.2.2.3.1. Définitions de l'ATFM :

Chapitre I Généralités

Air Traffic Flow Management ou Gestion des courants de trafic aérien est un processus qui permet d'apporter les meilleures solutions aux services de la circulation aérienne quand la demande est supérieure à la capacité disponible [6].

Des procédures et des plans sont établis à l'avance, pour maintenir un haut niveau de sécurité dans la gestion du trafic, et rechercher l'équilibre entre la capacité des services ATC et la demande de trafic, tenant compte des besoins des utilisateurs de l'espace aérien et favorisant d'abord des solutions qui optimise la capacité.

I.2.2.3.2. EUROCONTROL :

C'est une organisation paneuropéenne civil-militaire [7] dédiée au soutien de l'aviation européenne. Leur expertise couvre la recherche, le développement, les opérations et le suivi des performances. Ils sont attachés à la vision de l'Union européenne pour un ciel unique européen. Ils soutiennent leurs États membres et leurs parties prenantes (y compris les prestataires de services de navigation aérienne, les usagers civils et militaires de l'espace aérien, les aéroports et les constructeurs d'aéronefs/d'équipements) dans un effort conjoint visant à rendre l'aviation en Europe plus sûre, plus efficace, plus rentable et avec un minimum impact environnemental.

I.2.2.3.3. Glissement terminologique de l'ATFM vers l'ATFCM :

Depuis avril 2004 et la publication du document « Air Traffic Flow and Capacity Management Strategy », on assiste à un glissement terminologique de ATFM vers ATFCM [8] pour désigner les activités de régulation assurées par la CFMU. Le C pour Capacity insiste ainsi sur le fait que les actions de régulation ne concerneront plus seulement la demande (le trafic) mais également l'offre (la capacité de contrôle), traduisant ainsi un rééquilibrage des objectifs de la CFMU en faveur des usagers des services de contrôle aérien.

I.2.2.3.4. Objectifs de l'ATFM :

- a) Améliorer la sécurité du système ATM en minimisant les pointes de trafic.
- b) Assurer un écoulement optimal du trafic aérien durant toutes les phases de l'opération d'un vol en équilibrant la demande et la capacité.
- c) Maintenir un niveau élevé de repense aux demande des usagers,

Chapitre I Généralités

d) Fournir des rapports et des statistiques sur les opérations et les retards à des fins opérationnelles et de gestion.

I.2.2.3.5. Les principes de L'ATFM :

a) Optimiser la capacité des aéroports et les espaces aériens sans compromettre la sécurité.

b) Maximiser les gains opérationnels et l'efficacité globale du system ATM tout en maintenant le niveau de sécurité convenu.

c) Favoriser la collaboration internationale menant à un environnement ATM homogène optimale.

d) Reconnaître que l'espace aérien est une ressource commune pour tous les utilisateurs et assurer l'équité et la transparence, tout en tenant compte de la sécurité et des besoins de la défense nationale.

e) Soutenir l'introduction de nouvelles technologies et procédures qui améliorent la capacité et l'efficacité du système.

f) Améliorer la prévisibilité du système et aider à maximiser l'efficacité et la rentabilité économique de l'aviation, et de soutenir d'autres secteurs économiques tels que le commerce le tourisme [6].

I.2.2.3.6. Solutions ATFCM :

- Optimiser l'utilisation de la capacité disponible : Gestion des secteurs Configuration/Nombre de secteurs, Coordination Civile/Militaire, Revoir la capacité déclaré (check flight list).
- Utiliser d'autres capacités disponibles : Rerouter : Flux/Vol, Gestion des niveaux de vols, Advancing traffic.
- Réguler la demande : Imposer des créneaux pour le trafic au sol, agir, sur le trafic en vol [8].

I.2.2.3.7. Phases de l'ATFCM :

- Phase stratégique :
Elle s'étale de plusieurs mois à quelques jours avant le jour des opérations. Cette phase consiste à étudier et analyser l'évolution de la demande prévisionnelle de trafic, identifier de potentiels nouveaux problèmes et évaluer les solutions possibles.

Chapitre I Généralités

- La phase pré-tactique :

La phase pré-tactique englobe les mesures prises un jour avant le jour des opérations. Ces mesures consistent à étudier la demande pour le jour des opérations, la comparer à la capacité prévue ce jour-là, et faire les ajustements nécessaires au plan qui a été élaboré au cours de la phase stratégique.

- La phase tactique :

Elle est appliquée le jour même des opérations. C'est pendant cette phase qu'intervient la mise à jour du plan, en fonction du trafic et la capacité actuels, et de la demande réelle de trafic.

- La phase d'analyses post-opérationnelles :

C'est la dernière phase de l'ATFM, un processus analytique est entrepris pour mesurer et analyser les performances des mesures ATFM prises durant le jour des opérations.

I.2.2.3.8 . Acteurs participant dans l'ATFCM :

- NMOC : Network manager operations center. (CFMU).
- FMP : Flow management position.
- ATC : Air traffic controller.
- AO : Aircraft operator.
- MIL : Military unit.

I.2.2.3.9. Vols exemptés des mesures ATFCM :

- Vol transportant le chef de l'états ou titre équivalent
- Vol en opération de lutte anti-incendie
- Vol en mission de recherche et de secours
- Vol d'évacuation sanitaire (urgence vitale)
- Vols Autorisés par l'autorité compétente de mentionner dans son plan de vol la mention STS/ATFMX à condition qu'elle soit publiée dans l'AIP.

RMK : Ces vols ne seront pas concernés par la régulation liée à la capacité ATC, mes seront traité au même titre que les autre vols pour des raisons de sécurité tels qu'une visibilité réduite à l'aérodrome de destination ou sa fermeture.

I.2.2.3.10. Mesures ATFM :

- Miles-in-trail (MIT) : Une mesure ATFM tactique. C'est le nombre de nautique requis entre les aéronefs qui répondent à un critère spécifique. Les critères peuvent être ; Aéroport, Altitude...etc.
- Minutes-in-trail (MINIT) : Une mesure ATFM tactique. C'est le nombre de minutes requises entre les aéronefs successifs. Elle est normalement utilisée dans l'espace aérien qui n'est pas surveillé.
- Rerouting : Une mesure ATFM tactique. Il s'agit d'une route attribuée par ATC autre que celle indiquée dans le plan de vol déposé.
- Rerouting scenarios : changement de route obligatoire des flux pour décharger le trafic dans certaines zones encombrées.
- Level capping scenarios : Réalisé au moyen de restrictions de niveau de vol (par exemple, les vols de Londres à Paris TMA doivent déposer RFL<245).
- Alternative rerouting scenarios : Routes qui sont mises à la disposition des UEAs (les utilisateurs de l'espace aérien) sur une base facultative pour décharger le trafic dans certaines zones.
- Attente en vol
- Ground delay program (créneaux de départ) : Mesure ATFM stratégique pré- tactique ou tactique. GDP est un processus de gestion du trafic aérien où les avions sont maintenus au sol afin de gérer la capacité et la demande à travers un volume spécifique d'un espace aérien ou à un aéroport donné. Le but d'un GDP est de minimiser l'attente en vol.
- Echange de créneaux : Une mesure ATFM tactique peut être appliquée manuellement ou par des moyens automatisés. La possibilité d'échanger les créneaux de départ fournis aux UEAs (les utilisateurs de l'espace aérien) la possibilité de modifier l'ordre de départ de leurs vols qui sont régulés.
- Ground stop (GS): Une mesure ATFM tactique. C'est un processus qui exige que les aéronefs qui répondent à un critère spécifique de rester sur le terrain. En raison de l'impact potentiel d'un arrêt des aéronefs sur UEAs (les utilisateurs de l'espace aérien),

Chapitre I Généralités

des mesures ATFM alternatives devraient être explorées et mises en œuvre avant une GS, si le temps et les circonstances le permettent [6].

I.2.3. Les autres services de la navigation aérienne :

I.2.3.1. Le Service d'Information Aéronautique (AIS) :

Les AIS fournissent des informations actualisées sur les procédures, les cartes, les obstacles, les conditions des aérodromes et d'autres données importantes pour les pilotes. Ces informations sont essentielles pour la planification des vols et la sécurité des opérations aériennes.

I.2.3.2. La météorologie :

Service qui fournit les prévisions météorologiques, les observations en temps réel, les bulletins météorologiques spéciaux et les avertissements pour les conditions météorologiques dangereuses. En Algérie il est assuré par office national de la météorologie.

I.2.3.3. Recherche et sauvetage :

La recherche et le sauvetage aérien (SAR aérien) sont des opérations spécifiques de recherche, d'assistance et de récupération de personnes en détresse dans des situations d'urgence impliquant des aéronefs.

➤ Schéma Explicatif des Services de la Navigation Aérienne :

Chapitre I Généralités

- Schéma Explicatif des Services de la Navigation Aérienne

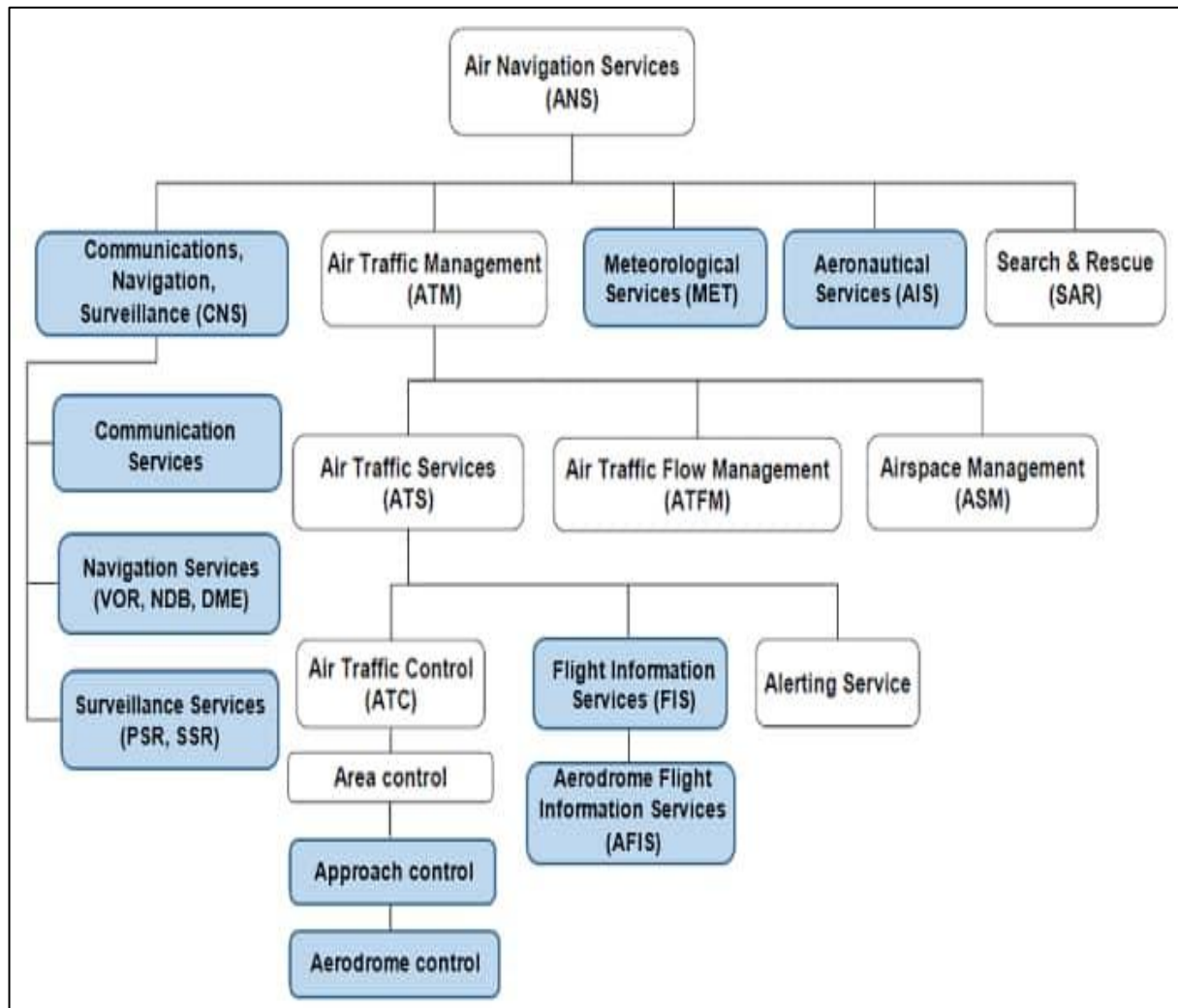


Figure I.3 Les composantes des services de la navigation aérienne.

- Tous ses concepts servent à augmenter la capacité. Pour une meilleure utilisation des aérodromes et des pistes.

I.3. La capacité :

I.3.1. Définition la capacité :

Le terme capacité est utilisé pour désigner la puissance de traitement d'une installation de service pendant une période spécifique [9].et est généralement défini comme le nombre maximal d'opérations que l'installation peut prendre en charge pendant une période de temps définie. Pour qu'une installation de service atteigne sa capacité maximale ou finale, il doit y avoir une demande continue de service. Les opérations aéroportuaires sont généralement définies comme le décollage ou l'atterrissage, tandis que les opérations terminales peuvent être le traitement des passagers via un terminal. Dans l'espace aérien, une opération peut être considérée comme un aéronef traversant un secteur particulier de l'espace aérien.

I.3.2. La capacité aéroportuaire :

Une première définition de la capacité adoptée par les services de l'aviation civile concerne la capacité théorique qui est définie comme le nombre maximum d'aéronefs que le système de pistes pourrait physiquement écouler dans l'unité de temps (l'heure) sans tenir compte de la qualité de service.

I.3.3. La capacité des sous-systèmes :

a) La capacité des postes de stationnement Peut être représentée par le nombre maximum d'avions pouvant utiliser les postes de stationnement pendant un intervalle de temps avec un niveau constant de demande. Parmi les facteurs qui influencent la capacité des postes de stationnement on peut citer principalement : le nombre et le type de postes disponibles, la composition de la flotte (envergure des avions, moyens autonomes de manœuvre au poste), la qualité et le niveau des services du personnel sol, les restrictions imposées aux divers types d'avions et le type de vols opérés (vols domestiques, internationaux, intercontinentaux).

b) La capacité des aires de trafic Peut être représentée par le nombre maximum d'avions pouvant transiter par les aires de trafic pendant un intervalle de temps avec un niveau constant de demande.

c) La capacité des voies de circulation Peut être représentée par le nombre maximum d'avions pouvant évoluer dans ce sous-système pendant un intervalle de temps donné de manière fluide avec un niveau constant de demande. Ce sous système est le plus dynamique au niveau du trafic sol et sa capacité dépend principalement du niveau et de la composition de

Chapitre I Généralités

la demande, de la disponibilité de l'infrastructure aéroportuaire, de la configuration de l'aéroport, de la politique de contrôle du trafic sol. Les voies de circulation sont l'interface entre les postes et les pistes, les deux flux du trafic (les arrivées et les départs) s'y croisent et leur interaction peut y être génératrice de problèmes (retards, conflits, sécurité).

d) La capacité des pistes Peut être représentée par le nombre maximum d'opérations (atterrissages et décollages) pouvant être effectués dans un intervalle de temps de manière fluide avec un niveau constant de demande. Etant donné le nombre limité de pistes pour un aéroport, ce sous système est souvent considéré comme le plus limitatif du point de vue de la capacité pratique.

e) La capacité des aéro-gares est définie comme la capacité des installations et des services terrestres de l'aéroport à accueillir collectivement les passagers, les visiteurs, le fret aérien, les véhicules d'accès au sol et les aéronefs dans des conditions de service prédéfinies. Le passager joue un rôle central dans la définition de la capacité des aéro-gares, car d'autres éléments du terrain (par exemple, les visiteurs, l'accès au sol et les parkings) sont tous dictées par les besoins et les exigences des activités de passagers à l'intérieur et à l'extérieur de l'aéro-gare et le modèle de cette demande.

➤ Les facteurs qui influent sur la capacité du sous-système des pistes sont principalement :

Le niveau et la composition de la demande du trafic, la configuration de l'aéroport, les conditions météorologiques, la disponibilité des services du contrôle sol.

I.3.4. Les différents types de capacités :

a) **Capacité technique :**

Capacité technique Compte tenu de la nature des paramètres influençant le niveau de capacité, la période de temps retenu pour l'évaluation de la capacité en général est l'heure.

- **Capacité horaire technique pour le système de piste :**

Pour la piste, la capacité horaire technique est le débit horaire maximal d'aéronefs qui peut être écoulé pendant une heure au cours d'une période de pointe, en considérant ses pratiques d'utilisation, en respectant les règles de circulation aérienne en vigueur, et compte tenu d'un retard acceptable pour les opérateurs.

La capacité horaire technique maximale est le débit horaire maximal d'aéronefs qui peut être écoulé pendant une heure, en considérant des pratiques d'utilisation favorables, en

Chapitre I Généralités

respectant les règles de circulation aérienne en vigueur, et sans prendre en compte la qualité de service.

La capacité horaire technique maximale est une limite atteinte lorsque la qualité de service est prise en compte,

- **Capacité technique pour une aérogare :**

Par définition, la capacité horaire technique pour une aérogare représente le débit de passagers et de bagages qui peuvent être écoulés par une aérogare pendant l'unité de temps retenu en respectant les contraintes de sûreté, la qualité de service et en intégrant son mode de fonctionnement.

Le niveau de qualité de service dépend de :

- du temps d'attente et de traitement aux différents points de passage,
- des surfaces allouées par passager aux différents points d'attente,
- de la lisibilité et compréhensibilité des circulations pour les passagers,
- des services commerciaux offerts.

b) La capacité déclarée :

La capacité déclarée est fixée par les autorités aéroportuaires. Elle représente le débit d'aéronefs ou de passagers que l'aéroport est en mesure d'accepter toute l'année, en prenant en compte l'ensemble des éléments de la chaîne aéroportuaire ainsi que les contraintes extérieures (environnement...), et compte tenu d'un certain niveau de qualité de service. Elle est exprimée en mouvements d'aéronefs ou de passagers sur une période de temps qui peut être l'heure.

La capacité déclarée est une valeur choisie parmi les valeurs de capacité technique possibles. Les aéroports peuvent choisir de placer la capacité déclarée plus ou moins près de la capacité optimale en indiquant aux compagnies aériennes que le retard sera de telle ou telle valeur. Les aéroports sont en mesure de supporter une capacité technique supérieure à certains moments de la journée lorsque les paramètres sont favorables. Elle détermine notamment le volume de créneaux horaires qui peuvent être proposés aux compagnies aériennes.

Chapitre I Généralités

c) Capacité annuelle :

- Capacité annuelle pour les passagers :

C'est le débit annuel maximal de passagers qui peut être écoulé par un aéroport au cours d'une année, en considérant ses pratiques d'utilisation, compte tenu d'un certain niveau de qualité de service et dans le respect des règles de sécurité et de sûreté.

- Capacité annuelle pour les mouvements :

C'est le débit annuel maximal d'aéronefs qui peut être écoulé par le système de piste(s) au cours d'une année, en considérant ses pratiques d'utilisation, et compte tenu du respect des règles de sécurité et d'un retard des vols acceptable pour les opérateurs.

d) La capacité théorique et la capacité opérationnelle :

La capacité théorique (CT) est la capacité idéale de l'aéroport, elle est obtenue dans la mesure où les avions sont positionnés à l'arrivée comme au départ de façon idéale, sans qu'il y ait aucun retard, aucune perte de temps.

La capacité opérationnelle (CO) est la capacité maximale, réaliste, en tenant compte des moyens dont on dispose au sein de l'aéroport et de la qualité de service qu'on souhaite offrir aux passagers.

Conclusion :

A la fin de ce chapitre on a pu présenter et définir les concepts de base de notre étude ainsi leur principes et objectifs. Dans le chapitre qui suit on va présenter l'aérodrome d'Alger ou nous avons fait notre étude.

Chapitre II
l'Aérodrome Houari
Boumediene

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.1. Introduction :

Parlons de la gestion de la sécurité de la zone d'activité aéroportuaire Alger Commissions de sécurité, inspections, entretiens. L'Algérie est un carrefour du trafic aérien est/ouest et nord/sud, son emplacement stratégique en fait un partenaire important pour les réunions de l'OACI. [9]

Après cela, nous commençons à introduire les parties principales en mettant en évidence certains points sensibles concernant toutes les unités liées au travail. Pour cela nous expliquerons tout ce qui concerne l'aéroport Houari Boumediene (DAAG).

Pour la première partie nous allons présenter l'ENNA, ensuite la SGSIA dans le travail a été effectué. Dans la dernière partie, nous allons expliquer tout sur Houari Boumediene DAAG.

II.2. Présentation des entreprises lieux de stage.

II.2.1. ENNA : Etablissement National De La Navigation Aérienne :

L'Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne « ENNA » est un établissement public caractère industriel et commercial des services publics pour assurer la sécurité de la navigation, compagnie aérienne qui représente et agit au nom d'un pays réglementée par le ministère des transports la tâche principale est la mise en œuvre des domaines politiques nationaux coordonner la sécurité de la navigation aérienne et établissements d'intérêt. Il est également responsable du contrôle et de la surveillance des aéronefs en vol et du suivi des appareils, ainsi que de la sécurité aérienne.[10]

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne l'ENNA collabore avec des institutions nationales et internationales : [10]

- Ministère des transports.
- Les universités algériennes.
- Organisation de l'aviation civile internationale.
- ASECNA : Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar.
- EUROCONTROLE : Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.2.1.1. Mission De L'ENNA :

Ses principales missions sont : [10]

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'état.
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées.
- Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique.
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission.
- Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique.
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

II.2.1.2. Organisation De L'ENNA :

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne est structuré comme suit : [10]

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

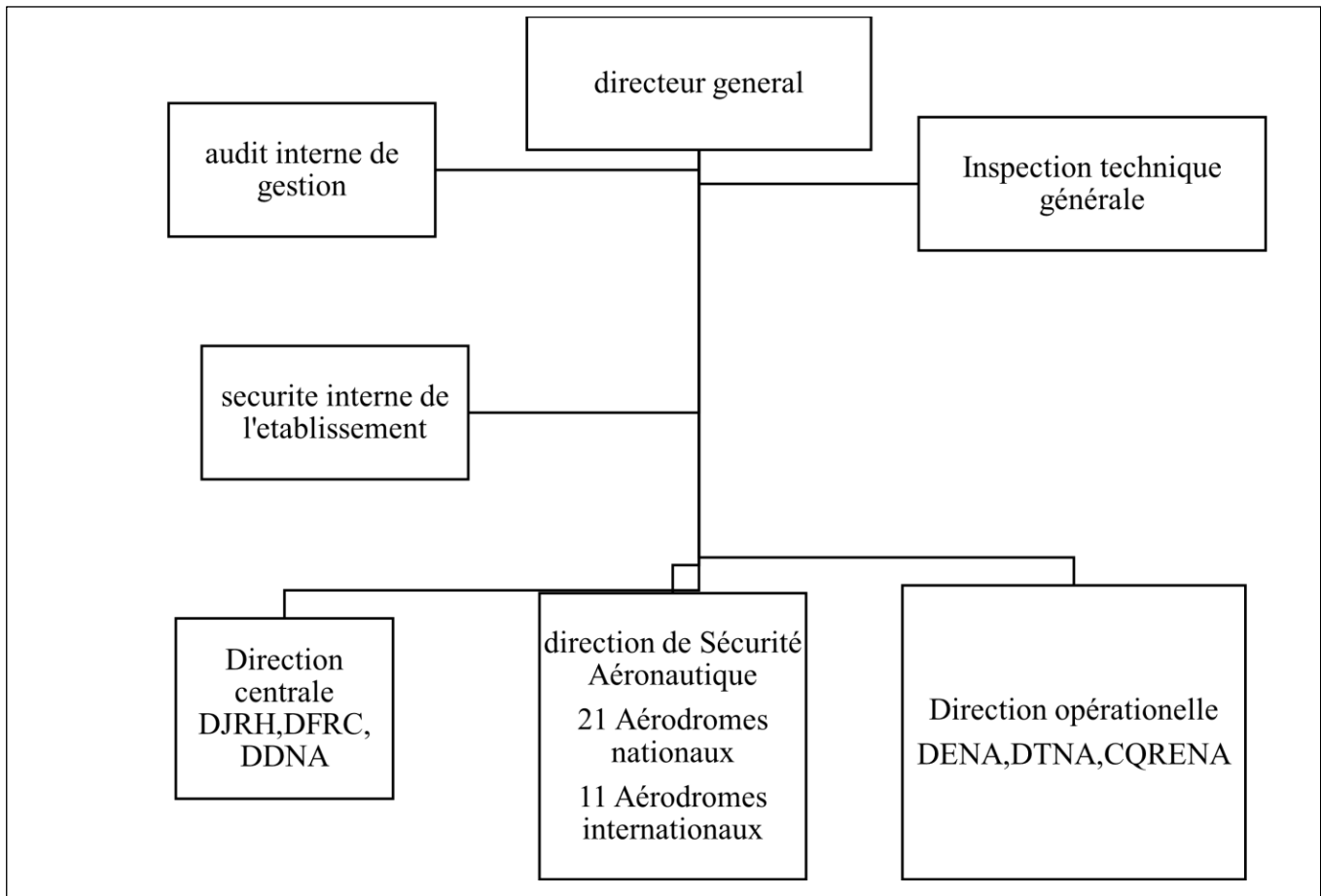


Figure II.1 : L'organigramme de L'ENNA

II.2.1.3. DIRECTION DE LA SECURITE AERONAUTIQUE (DSA) :

La direction de la sécurité aéronautique (DSA) est chargée d'assurer la sécurité la régularité et l'efficacité de la navigation aérienne, de veiller à la bonne gestion technique au niveau des aérodomes. [10]

Le stage que nous avons effectué pour étudier ce thème c'était au sein de l'unité SCA (service de la circulation aérienne) au niveau de la tour de contrôle à l'aérodomme d'ALGER.

II.2.1.4. L'Organigramme De DSA :

Direction de la sécurité aéronautique DSA est structuré comme suit : [10]

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

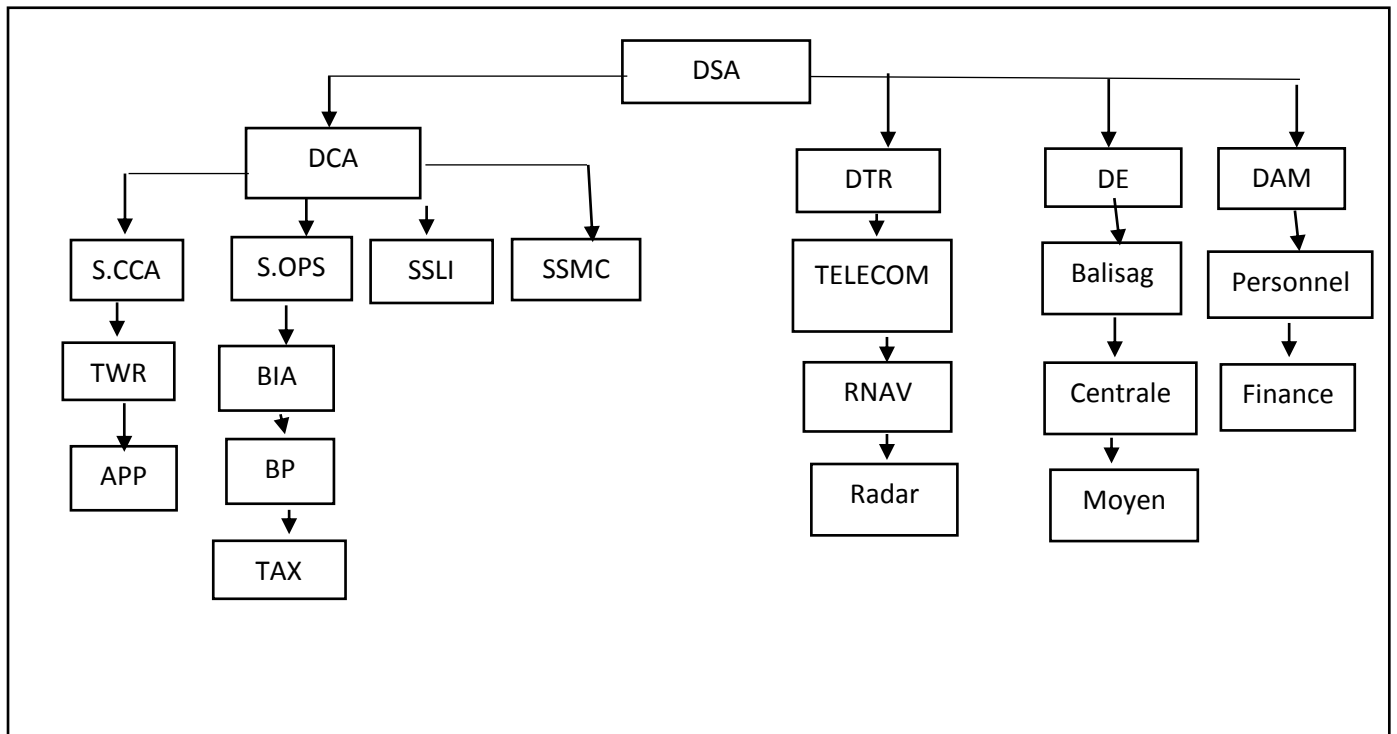


Figure II.2 : L'organigramme de DSA.

II.3. SGSIA (Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires d'Alger) :

II.3.1. Définition :

SGSIA (société de gestion des services et infrastructures aéroportuaires d'Alger) est une organisation spécialisée dans la gestion des aéroports du matériel et des bagages et des passagers et assurer l'organisation et faciliter les transactions pour les voyageurs.[11]

II.3.2. L'objet de l'organisme est :

- Acquisition et construction et développement et gestion et exploitation et maintenance développement des installations et infrastructures aéroportuaires.
- Prestation de services dans le secteur aéroportuaire.
- Estimation et exploitation de tout bien meuble ou immeuble acquis ou fabriqué fonds propres fonds reçus sous forme de dons et fonds qui lui sont alloués pour répondre à des besoins service publique. [11]

Afin d'exercer ses missions et de répondre aux attentes des passagers et usagers de l'aéroport, la société a mis en place une organisation adaptée.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

La direction générale est composée du président-directeur Général (Consultants, Audit) et des collaborateurs des autres directions et services à savoir : [11]

- Direction financière.
- Direction commerciale.
- Direction de l'exploitation avec une organisation opérationnelle.
- Direction de la maintenance et de la logistique.
- Direction des ressources humaines et du juridique.
- Direction des infrastructures et des travaux.
- Département systèmes informatique.
- Départements sureté et sécurité.
- Département qualité et environnement.
- Service communication.
- Service hygiène et sécurité.

II.4. Présentation de l'aéroport d'Alger « Houari Boumediene » :

II.4.1. Historique :

Créé en 1924 pour des activités militaires et récréatives, l'aérodrome de Maison Blanche était connu sous le nom de base aérienne 149 Maison Blanche, qui a commencé son développement et sa transition vers l'aviation civile en 1940. Pendant la seconde guerre mondiale, l'aéroport d'Alger était l'une des principales cibles de l'Allie Joint Operations Task Force le 8 novembre 1942. [12]

L'aéroport d'Alger est desservi par plus de 25 compagnies aériennes.

Aéroport d'Alger Houari Boumediene est notamment le plus important de tous les aéroports algériens. [12] Il se situe dans la plaine côtière de la baie d'Alger a 9.11NM à l'Est/Sud de la Ville d'Alger, il est bordé au Sud par le massif montagneux du tell.

Coordonnées géographiques de l'aérodrome : Le point de référence de l'aérodrome se situe à l'intersection des voies de circulation suivante : B4, B5, A4, A5. (Voir l'Annex A) [13]

L'aéroport d'Alger permet ainsi des vols de et vers : [12]

-Afrique : Maroc, Tunisie, Mauritanie, Mali, Niger, Sénégal, Burkina Faso et Côte d'Ivoire.

-L'Europe : l'Irlande, le Royaume Uni, la France, la Belgique, l'Allemagne, la Suisse, l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Russie et la Turquie.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

-Le Proche-Orient : l'Égypte, l'Arabie saoudite, le Qatar, les Émirats arabes unis, la Jordanie, le Liban et la Syrie.

-L'Amérique du Nord : le Canada.

-L'Asie : la Chine.

II.4.2. Descriptif technique DAAG : [13]

Type d'aérodrome : civil	Code OACI: DAAG	Code IATA: ALG	Gestionnaire: EGSA
Nom Catographique : Houari Boumediene			

Les coordonnées géographiques à l'intersection des pistes sont :

Altitude	25m
Latitude	36°41'40" N
Longitude	Longitude 03°13'01" E

Les coordonnées géographiques à l'intersection des pistes

-Les pistes :

L'aéroport dispose de deux pistes de 3 500 mètres chacune.

Direction	Longeur	Surface
05/23	3500m (11483 Ft)	Béton bitumineux
09/27	3500m (11483 Ft)	Asphalte

Figure II.3 : Fiche Technique DAAG.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.3. Aéro-gares passagères :

Quatre terminaux accueillent les voyageurs de l'aéroport. [11]

A.Terminal T1 :

L'aérogare accueille des vols internationaux, la construction récente bénéficie des dernières une technologie de pointe et un confort garanti et les meilleurs standards pour les voyageurs sécurité. Divisé en deux halls, le terminal de 82 000 mètres carrés peut accueillir jusqu'à 6 millions passagers par ans. Grâce à 64 comptoirs d'enregistrement, de nombreuses compagnies aériennes. Les compagnies aériennes qui partagent le ciel d'Algérie offrent le meilleur service à leurs passagers. Ses 18 les portes ont des ponts rétractables pour que les passagers puissent embarquer et débarquer voyageur.

B.Terminal T2 :

Exclusivement pour les vols intérieurs. Il offre aux utilisateurs 20 886 mètres carrés d'espaces techniques et commercial, avec une capacité allant jusqu'à 2,5 millions de passagers par ans vingt jetons enregistrement et six portes pour que les voyageurs commencent leur voyage dans les meilleures conditions.

C.Terminal T3 :

Parmi eux, des avions affrétés et spéciaux se rendaient à la Mecque pour le pèlerinage. Il a bénéficié d'une modernisation de 2008 d'une superficie de 11088 mètres carrés, il peut accueillir Jusqu'à 1 million de passagers par ans six comptoirs d'enregistrement et deux portes d'embarquement les stations d'embarquement assurent une circulation fluide pour les usagers.

D.Terminal Ouest :

L'aérogare Ouest est une nouvelle étape pour l'aéroport récemment ouvert en mai 2019 c'est l'extension de T1, il a une capacité d'accueil de 10 millions de passagers par ans et 214.588m² de surface technique et commerciales. Cette nouvelle infrastructure bénéficie en outre d'un parking de 4500 places réparties sur 110.000 m².

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.4. Données géographique et administratives Relatives à l'aérodrome : [13]

1	Coordonnées du point de référence et emplacement de l'aérodrome	364140N 0031301E
2	Direction et distance de ville	9,11NM, L'Est de la ville
3	Altitude/température de référence	25M/32.9 °C
4	Déclinaison magnétique/variation annuelle	1°E (2017) 0° 6'E
5	Administration, adresse, téléphone, télécopieur Tél, SFA De l'aérodrome	AVA, aéroport d'Alger/Houari Boumediene Tel : (023)199 266-Fax (023)199 230-TWR (023)199 237-APP (023)199 232 BP (023)199 231-STD (023)509211 DAAGYDYD
6	Types de trafic autorisés (IFR/VFR)	IFR/VFR

Tableau II.1 : Données géographique et administratives Relatives à l'aérodrome.

II.4.5. Heures DE Fonctionnement : [13]

1	Administration de l'aérodrome	07 :00/15 :00(SUN/THU)
2	Douane et contrôle des personnes	H24
3	Santé et service sanitaires	H24
4	Bureau de piste AIS	H24
5	Bureau de piste ATS (ARO)	H24
6	Bureau de piste MET	H24
7	Service de la circulation aérienne	H24
8	Avitaillement en carburant	H24
9	Service d'escale	H24
10	Sureté	H24
11	Dégivrage	H24
12	Observation	Néant

Tableau II.2 : Heures De Fonctionnement

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.6. Service d'escale et Assistance : [13]

1	Services de manutention du fret	Disponible
2	Type de carburant et de lubrifiant	JETA1—AVGAS 100/mobil –JET 2/mobil night –JET 4/ASTO555— Aéroshell 750 et 500
3	Service et capacité d'avitaillement en carburant	Pompes 50m³/h—camions citernes 120m³/h et 500m³/h système hydratant au niveau parking P10 :05 pompes 160m³/h24 bouches réparties sur 12 postes (W1àW12)
4	Services de dégivrage	Pour Fokker avec METHANOL
5	Hangars utilisables pour les aéronefs de passages	Abris communs
6	Services de réparation utilisables pour les aéronefs de passage	Tours les réparations possibles sur demande aux services technique des compagnies
7	Observation	Néant

Tableau II.3 : Service d'escale et Assistance

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.7. Services aux passagers : [13]

1	Hôtel	A l'aéroport en ville
2	Restaurants	A l'aéroport en ville
3	Moyens de transport	Taxis-bus-train-agences de location de véhicules
4	Service médicaux	En ville-premiers soins à l'aéroport
5	Services bancaires et postaux	Banque et poste
6	Services d'information touristique	Disponible

Tableau II.4 : Services aux passagers.

II.4.8. Services de sauvetage et lutte contre incendie : [13]

1	Catégorie de l'aérodrome pour la lutte contre l'incendie	CAT 9
2	Equipement de Sauvetage	CAT 9
3	Moyen d'enlèvement des aéronefs accidentellement immobilisés	Engins-tracteurs-moyen de dégagement des compagnies techniques

Tableau II.5 : Services de sauvetage et lutte contre incendie.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.9. Aire de trafic, voies de circulation et emplacement de vérification : [13]

		TWY	Largeur	Type de surface
1	Largeur, surface des voies de circulation	Reliant RWY 05/23	25m	Béton bitumineux
		Reliant RWY 09/27	25m	Béton bitumineux
		A9, H5,I3,I4	25M	Béton bitumineux
2	Position et altitude des emplacements de vérification des altimètres	Position : aire de compensation (près du QFU27) Altitude : 19m		
3	Emplacements des points de vérification VOR et INS	VOR : aire de compensation (près du QFU27) INS : 19 m		

Tableau II.6 : Aire de trafic, voies de circulation et emplacement de vérification

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.10. Système de guidage et de contrôle des mouvements à la surface et balisage : [13]

1	<p>-panneaux d'identification des postes de stationnement d'aéronef.</p> <p>-lignes de guidage TWY.</p> <p>-système de guidage visuel aux postes de stationnement des aéronefs.</p>	Disponible
2	Balisage des RWY et TWY	<p>- RWY 05/23, RWY 09/27 et TWY : Feux d'identification des seuils – Feux d'extrémité des RWY – Feux de bord des TWY</p> <p>RWY 05/23 et TWY : Feux des seuils – Feux de bord RWY – Feux d'axe RWY – Feux TDZ – Feux d'axe des TWY – Feux d'intersection des TWY</p> <p>RWY 09/27 et TWY : Feux de SWY – Feux de raquette.</p>
3	Marquage des RWY et TWY.	<p>RWY 05/23, RWY 09/27 et TWY : marques des seuils – NR d'identification des RWY- marques axiales des RWY – marques de bord des RWY – marques de TDZ – marques axiales des TWY – marque de Point cible.</p>
4	Barres d'arrêt.	Disponible sur TWY reliant la RWY 05/23.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

Tableau II.7 : Système de guidage et de contrôle des mouvements à la surface et balisage

II.4.11. Obstacle d'aérodrome : [13]

a. Air d'approche :

Piste ou aire concernée	Type d'obstacle	Hauteur
RWY 09	Château d'eau	31.84m ALT60.64
RWY 09	Bâtiment	18m ALT28m
RWY 23	Antenne LLZ	1.10m ALT26.10
RWY 27	Minaret	290m
APCH09 DEC27	-Torche de raffinerie -Stade de baraki - Bâtiment	-100m ALT120m -51.91m ALT64.11m -124m 385m

Tableau II.8 : Obstacles aires d'approche et décollage.

B. Aires de manœuvres à vue et aérodrome : [13]

Type d'obstacle	Hauteur
TWR	45m
Antenne radar SMR	25m ALT38.65m
Antenne radar	ALT 49m
Pylônes d'éclairage parking 13	30m/30m/30m/15m/15m/15m/15m/ 15m/15m
Pylônes d'éclairage parking 14	15m/15m/15m/15m/15m/15m/30m/30m
Antenne GP	13.65m ALT38.65m
Pylônes d'éclairage parking P12	30m/30m/30m/30m/30m/30m
New TWR	72MmALT 87.17m

Tableau II.9 : d'obstacles Aires de manœuvres à vue et aérodrome.

II.4.12 Moyens disponibles à DAAG : [14]

II.4.12.1. Aides visuelles et balisage :

II.4.12.1.1. Le papi :

Indicateur visuel de pente d'approche PAPI, constitué de quatre unités calées sur un angle de descente de 3° chacune donnant ainsi la pente de descente visuelle au pilote.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.12.1.2. Exploitation :

Les deux (02) pistes 05/23 et 09/27 sont exploitées selon la configuration l'une dans le sens décollage, l'autre dans le sens d'atterrissage. En conséquence, une seule approche en exploitation entraîne la mise en service des PAPIs du QFU concerné et une orientation d'atterrissage dans le même sens.

-Les quatre QFU des deux pistes 05/23 et 09/27 sont dotés de PAPI.

II.4.12.1.3. Le balisage :

MOD E	Piste en service	Atterrissage/décollage (L/S)	Catégorie	Système de balisage en service
1	23/05	L	CAT I	Tous les système sans APS, TDZ ;RCL,STB
2	27/09	S	CAT I	REH,TXE,RWE,LDI,THR
3	23/05 - 09/27	L S L	CAT I CAT I CAT I	Tous les systèmes Tous les systèmes Tous les systèmes
4	23/05 - 09/27	L S	CAT III CAT I	APS,TDZ,RCL,STB,APH,REH,RWE,THR au niveau 5 PAPI off (SFL,RTI,TXE,TXC) restent inchangés Tous les systèmes

Tableau II.10 : L'exploitation du balisage

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

II.4.12.2. Aides à la navigation : [13]

II.4.12.2.1. Désignation et détails des équipements radioélectriques :

A. Système d'atterrissage aux instruments (I.L.S) RWY 23 :

- Radiophare d'alignement de piste (LLZ – Localizer) :

- Identification : A.G.
- Fréquence : 110,3 Mhz. -Double ensemble.
- Type : THALES série 421. - Bi fréquence.
- Emplacement : 300m du seuil de piste 05 dans l'axe de piste. -Fonctionnement : H24.
- Coordonnées : Lat : 36°41'31.96"N / Long : 003°13'03.06".
- Portée : 25 NM.
- Ouverture faisceau : 3,2°.
- Catégorie : III.A.
- Double ensemble.
- Alimentation : Secteur + batteries secours.
- Fonctionnement : H24.
- Fréquence : 110,3 Mhz.
- Type : THALES série 421- Bi fréquence.
- Emplacement : 300m du seuil de piste 05 dans l'axe de piste.
- Coordonnées : Lat : 36°41'31.96"N / Long : 003°13'03.06"E.
- Portée : 25 NM.
- Ouverture faisceau : 3,2°

Figure II.4 : Fiche Technique LIZ

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

- Identification : Nil.
- Fréquence : 335 Mhz.
- Type : THALES série 422.
- Emplacement : 120m du côté Sud de la piste 05/23 et 343m du THR 23.
- Coordonnées : Lat : 36°42'36.54"N / Long : 003°14'57.00"E
- Portée : 10 N.M.
- Angle de descente : 3°.
- Catégorie : III.
- Double ensemble.
- Alimentation : secteur + batteries de secours.
- Fonctionnement : H24.

-Radiophare d'alignement de descente (GP-Glide path) :

Figure II.5 : Fiche Technique de GP.

B.Système d'Atterrissage Aux Instruments (ILS) Rwy 09 : [14]

- Radiophare d'alignement de piste (LLZ - Localizer) :

- Identification : H.B.
- Type : S.E.L/ALCATEL série 4000.
- Coordonnées : Lat.: 36°41'27.78"N/Long: 003°12'47.89"E.
- Portée : 25 NM.
- Catégorie : II.
- Alimentation : secteur + batteries secours.
- Fonctionnement : H24.
- Ouverture faisceau : 3,2°.
- Emplacement :300 de seuil de piste 27 dans l'axe .

Figure II.6 : Fiche Technique de LIZ.

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

- Radiophare d'alignement de descente (GP-Glide Path) :

Identification : Nil.

- Fréquence : 329,9 Mhz.

- Type : S.E.L/ALCATEL série 4000s.

- Emplacement : 120m du côté Sud piste 09/27 et à 300m du THR09.

- Coordonnées : Lat.: 36°41'27.40"N/Long: 003°10'27.40"E.

- Portée : 10 N.M.

- Angle de descente : 3°.

- Catégorie : II.

Figure II.7: fiche Technique de GP.

II.4.12.3. Radiophare Omnidirectionnel (V.O.R) : [14]

A.D-VOR. 4000 :

- Identification : A.L.R. (ALGER).

- Fréquence : 112,5 Mhz.

- Type : SEL/ALCATEL série 4000.

- Emplacement : Intersection des pistes 05/23 et 09/27.

- Coordonnées : Lat.: 36°41'27.59"N / Long: 003°12'55.73"E.

- Type d'onde : A3.

- Portée : 200 N.M.

Figure II.8 : Fiche technique De D.VOR 4000

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

B.D.VOR 432 :

- Identification : B.S.A (BOU-SAADA/CHELLAL)
- Fréquence : 115,9 Mhz
- Type : THALES série 432
- Coordonnées : Lat: 35°15'55.7"N/Long: 004°12'30.2"E
- Type d'onde : A3
- Portée : 200 N.M

FigureII.9 : Fiche technique De D.VOR 432.

- Identification : Z.E.M (ZEMMOURI).
- Fréquence : 116,6 Mhz.
- Type : THALES série 432.
- Emplacement : Lat. 36° 47' 42 ''N / Long 003° 34' 15''E.
- Type d'onde : A3.
- Portée : 200 N.M.

C. D.VOR. 432 :

Figure II.10 : Fiche Technique de D.VOR 432

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

- Type : Rhodes et Schwarz PA022.
- Emplacement : Vigie de la tour de contrôle.
- Les fréquences surveillées sont : 118.7 MHz, 119,7 MHz 121.4 MHz , 120.8MHz, 121.5MHz ; 127,3 Mhz ; 126.1 MHz
- Type d'onde : A3.
- Un seul ensemble.
- Alimentation : secteur.
- Fonctionnement : H24.

II.4.12.4. Distance Measuring Equipment (DME): [14]

II.4.12.4.1. Radiophare Non-Directionnel (NDB) ET Locator :

- VDF (Radiogoniomètre VHF –DF) :

Figure II.11: Fiche technique VHF-DF.

II.4.12.5. Moyen de surveillance : [14]

II.4.12.5.1. Radar PSR/MSSR :

- Position : Oued Samar.
- Coordonnées géographiques : 36°40 37''N / 003°10'50''E.
- Antenne : hauteur d'installation 30 mètres (Altitude 49 m).
- Portée : 80NM (PSR) / 250 NM (MSSR).

Figure II.12 : Fiche Technique Radar PSR/MSSR

II.4.12.5.2. Radar de Mouvement de Surface : [14]

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

- Position : Aérodrome d'Alger.
- Coordonnées : 36° 41' 19.1'' N / 003° 13' 00.4'' E.
- Antenne : Hauteur 25 m.
- Portée : 03 NM.

Figure II.13: Fiche Technique Radar de Mouvement Surface

II.4.12.6. Systèmes de communication : [14]

II.4.12.6.1. Chaînes radio :

➤ **Fréquences radio :**

Cinq fréquences sont exploitées au niveau de la DSA Alger :

Fréquences	Indicatifs	mode
118,7 Mhz	Alger/tour	fréquence de base
119,7 Mhz	Alger/tour	fréquence supplétive
121,4 Mhz	Alger/Approche	fréquence de base
120,8 Mhz	Alger/Approche	fréquence supplétive
121,8 Mhz	Alger/sol	fréquence de base

Tableau II.11 : Fréquence Radio.

➤ **Equipements radio de base : [14]**

Une baie radio de marque Thomson CSF assure les quatre fréquences suivantes :

118,7 Mhz	Alger/tour
119,7 Mhz	Alger/tour
121,4 Mhz	Alger/Approche
120,8 Mhz	Alger/Approche

Tableau II.12 : Equipements Radio de Base.

II.4.12.7. Autre Moyens :

- Dispositif de sirène d'appel de SSLI.
- Équipement météorologique disponible. [14]

II.4.13. Données Météorologiques :

Chapitre II l'Aérodrome Houari Boumediene

Les données météorologiques présentées dans cette partie sont ceux de la station de Dar El Beida. L'humidité, la température, la pluviométrie et les vents considérés comme paramètres importants dans le cas de notre étude environnementale. [15]

A/Le Vent :

Les principaux vents dominants sont le vent du nord, le vent du nord-est et le vent du sud-ouest, parfois la force du vent peut atteindre pics de vitesse supérieurs à 8 m/s. La fréquence moyenne du vent est La vitesse est comprise entre 1 et 5 m/s.

B/ Température en °C :

La température moyenne annuelle oscille autour de 18°C (17,1°C en 2019), Les moyennes maximales et minimales sont respectivement de 24°C (23,4°C en 2019) et 12°C.

L'aéroport est proche de la côte et l'influence de la mer est considérable.

C/L'Humidité :

L'humidité dans la zone aéroportuaire varie selon les saisons. Elle vient jusqu'à 85% en hiver et entre 63% et 75% en été, tandis que la moyenne annuelle 75 % sur 14 ans.

D/ La Pluviométrie (en mm) :

La zone d'étude appartient au stade bioclimatique semi-humide, et les précipitations La pluviométrie annuelle moyenne sur la décennie est de 575,9 millimètres. Valeur maximum 807,2 mm est enregistré.

Le nombre de jours de pluie atteint parfois 113 jours/365 jours, avec une moyenne de 95 jours Par an. Quant à la période sèche, elle dure de juin à septembre.

Conclusion :

On a pu présenter l'ENNA et le SGSIA ainsi que la plateforme Houari Boumediene DAAG, cela nous aide à appliquer notre étude sur ce lieu de travail, cela nous mène aux développements des calculs et des estimations sur la capacité de Houari Boumediene.

Chapitre III

L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrôme

Section 01 :

III.I. Introduction

L'aéroport est une infrastructure essentielle pour le transport aérien, reliant les voyageurs et les marchandises à travers le monde. L'une des caractéristiques les plus importantes d'un aéroport est sa capacité à gérer un certain nombre de vols, de passagers et de cargaisons dans un laps de temps donné, pour la définir il y a plusieurs méthodes différentes sur les estimations et les calculs.

III.2. La Capacité de secteur d'approche :

III.2.1. Définition de la capacité d'un secteur :

La capacité d'un secteur de contrôle est le nombre maximum d'aéronefs qui peut être pris en charge dans les meilleures conditions de sécurité par les services de contrôle, en une période de temps déterminée (généralement une heure).

III.2.2. Description du secteur d'approche d'Alger : [17]

La zone de responsabilité du contrôle d'Approche d'Alger est délimitée comme suit :

- Limites latérales Segment de droites joignant les points (voir Annex B) :

364000N 0021055E	360500N 0022600E
360500N 0035104E	364500N 0043000E
365900N 0043000E	

Tableau III.1 : Les Limites Latérales

- Puis arc de cercle de rayon 64NM centré sur le DVOR/DME ALR (364127.59N 0031255.73E)

Jusqu'au point (373000N 0040444E).

- Segment de droite jusqu'au point (373128N 0031256E)

- Puis arc de cercle de rayon 50NM centré sur DVOR/DME ALR jusqu'au Point (364000N 0021055 E).

- Limites verticales : 450 M (GND/MSL) / FL 145.

- Espace de classe D.

III.2.3. Les types de séparation : [17]

III.2.3.1. Séparation Radar :

- **Séparation verticale** : C'est la différence d'altitude minimale nécessaire entre deux appareils volants dans une zone donnée lorsque la distance horizontale est inférieure à celle préconisée. Elle est de 1000 pieds.
- **Séparation horizontale** : C'est la distance minimale qui doit être maintenue entre deux avions volants à une même altitude ou niveau de vol. La séparation minimale radar en contrôle d'approche est de 07 NM.

III.2.3.2. Séparation aux procédures :

A. Séparation des Aéronefs En Attente En Vol :

Les aéronefs établis dans les circuits d'attente de l'aérodrome d'Alger sont séparés par un minimum de séparation de 1000 ft. À moins que la séparation latérale soit assurée, une séparation verticale sera assurée entre un aéronef en attente en vol et les autres aéronefs, que ceux-ci soient à l'arrivée, au départ ou en route, tant que ces autres aéronefs se trouvent à une distance de moins de 5 minutes de vol de l'aire d'attente.

B. Séparation Minimale Entre Aéronefs Au Départ :

Une séparation d'une minute est assurée aux aéronefs devant suivre des routes qui divergent d'au moins 45 degrés immédiatement après le décollage pour que la séparation latérale soit assurée. Un intervalle de 2 minutes est assuré entre les décollages si l'aéronef précédent vole à une vitesse supérieure d'au moins 74 km/h (40 kt) à celle de l'aéronef qui le suit et si les deux aéronefs volent sur la même route. Lorsqu'un aéronef au départ doit traverser le niveau d'un aéronef qui le précède, et lorsque les deux aéronefs doivent suivre la même route, la séparation sera de 5 minutes pendant la période où la séparation verticale n'est pas réalisée.

C. Séparation entre aéronefs au départ et aéronefs à l'arrivée :

Les règles de séparation ci-après sont appliquées lorsqu'une autorisation de décollage est conditionnée par la position d'un aéronef à l'arrivée sur la même piste.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

- **Approches ILS :**

Si un aéronef à l'arrivée effectue une approche complète à l'ILS, un aéronef au départ (selon QFU en service 23 ou 09) peut décoller dans toute direction, jusqu'à ce que l'aéronef à l'arrivée ait atteint :

- OA pour la piste 23
- KARIM pour la piste 09

- **Approches NDB/DVOR/DME :**

- RWY 23 et 27 (attente ZEM)

Si un aéronef à l'arrivée effectue une approche complète DVOR/DME, un aéronef au départ (selon QFU en service 23 ou 27) peut décoller dans toute direction jusqu'à ce que l'aéronef à l'arrivée ait :

- Atteint OA pour la RWY23.
- Atteint le FAF (7NM d'ALR) pour la RWY 27.
- RWY 05 et 09 (attente ZEM).

Si un aéronef à l'arrivée effectue une approche complète NDB/DVOR/DME, un aéronef au départ (selon QFU en service 05 ou 09) ne peut décoller dans toute direction, tant que l'aéronef à l'arrivée n'ait pas amorcé son virage conventionnel pour l'approche finale.

L'autorisation de décollage ne pourra plus être accordée si l'aéronef à l'arrivée a atteint l'IF (ou au plus tard le FAF) en approche finale pour la RWY 05

- le point Karim pour la RWY 09.
- RWY 09 (attente MAR).

-Si un aéronef à l'arrivée effectue une approche complète NDB/DVOR/DME, un aéronef au départ (QFU 09) peut décoller dans toute direction, tant que l'aéronef à l'arrivée n'ait pas atteint le point Karim.

Les règles de séparation ci-après sont appliquées entre les aéronefs au départ et à l'arrivée de l'aérodrome de Boufarik et les aéronefs au départ et à l'arrivée de l'aérodrome d'Alger.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

-Si un aéronef effectue une approche complète aux instruments en piste 09 sur l'aérodrome d'Alger, un aéronef au départ de l'aérodrome de Boufarik ne peut décoller en piste 04 DAAK dans toute direction, que si l'aéronef effectuant l'approche en piste 09 ait passé :

- SMR en finale (attente MAR).
- SMR en finale (attente ZEM).

-Si un aéronef effectue une approche aux instruments sur l'aérodrome de Boufarik pour entamer une procédure de vent arrière pour la piste 04 DAAK, un aéronef au départ de l'aérodrome de Boufarik ne peut décoller en piste 04 DAAK que si l'aéronef à l'arrivée ait passé le point Karim et ait été transféré de l'approche vers la tour de Boufarik.

Un aéronef au départ de Boufarik peut décoller à tout moment de la piste 22 jusqu'à ce que l'aéronef à l'arrivée effectuant une approche complète aux instruments en piste 22 de Boufarik ait atteint le point Karim.

III.2.3.3. Séparation en fonction de la turbulence de sillage :

Les minimums ci-après de séparation en fonction de la turbulence de sillage seront appliqués aux aéronefs durant les phases d'approche [17].

- Gros porteur suivant gros porteur 4 NM.
- Moyen tonnage suivant gros porteur 5 NM.
- Faible tonnage suivant gros porteur 6 NM.
- Faible tonnage suivant moyen tonnage 5 NM.
- Lorsqu'un aéronef vole immédiatement derrière un autre à la même altitude ou moins de 300 m (1 000 ft) plus bas.
- Lorsque deux aéronefs utilisent une même piste ou des pistes parallèles distantes de moins de 760 m (2 500 ft).
- Lorsqu'un aéronef traverse le sillage d'un autre aéronef, à la même altitude ou moins de 300 m (1 000 ft) plus bas.

III.2.4 Minimums de séparation longitudinale en fonction de la turbulence de sillage fondés sur le temps [17] :

a) A l'arrivée :

- 2 min entre un aéronef moyen tonnage « M » derrière un gros porteur « H ».

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

- 3min entre aéronef faible tonnage derrière un aéronef gros porteur ou un aéronef de moyen tonnage.

b) Au départ.

- 2min entre un aéronef de moyen tonnage ou de faible tonnage qui décolle derrière un gros porteur.

III.2.5. Les cadences d'approche à l'aérodrome d'Alger sont les suivantes [17] :

RWY 23	07 minutes (ILS, NDB/DVOR/DME/attente ZEM).
RWY 27	09 minutes (NDB/DVOR/DME/attente ZEM).
RWY 09	08 minutes (ILS, NDB/DVOR/DME/ attente MAR).
RWY 05	14 minutes (NDB/DVOR/DME/ attente ZEM).
RWY 09	13 minutes (DB/DVOR/DME/ attente ZEM).

Tableau III.2 : Les Cadences d'approche à l'aérodrome d'Alger.

Les cadences d'approche à l'aérodrome de Boufarik sont les suivantes :

RWY 22	07 minutes (attente MAR).
RWY 04	10 minutes (attente MAR).

Tableau III.3 : Les cadences d'approche à l'aérodrome de Boufarik

III.2.6. Facteurs déterminant la capacité d'approche :

Le calcul de la capacité de contrôle dans le secteur d'approche (APP) (Terminal Maneuvering Area - TMA) pour un contrôleur aérien (ATC) peut varier en fonction de différents facteurs tels que :

- **Configuration de l'aérodrome** : La taille et la configuration de l'AD, y compris le nombre de pistes (Nombre RWY) disponibles, la distance entre les pistes, La complexité du réseau des routes et le nombre de croisement Nombre et répartition des SID et des STAR les points d'entrées du secteur.
- **Équipements de navigation** : Les équipements de navigation (NAV) disponibles à l'AD, tels que les systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS), les systèmes de positionnement global (GPS), les aides radio, jouent un rôle crucial dans la détermination de la capacité.
- **Procédures d'approche** : Les procédures d'APP utilisées à l'AD, telles que les APP aux instruments (IAP), les APP RNAV (Area Navigation) ou les APP basées

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

sur les performances (RNP), peuvent avoir une influence sur la C_{APP} . Paramètres de séparation. Les méthodes de résolution des conflits par les contrôleurs.

- **Conditions météorologiques** : Les conditions météorologiques (MET), telles que la visibilité, les plafonds nuageux, les vents traversiers, etc., peuvent avoir un impact significatif sur la C_{APP} . Des conditions MET défavorables peuvent réduire la C_{APP} en imposant des restrictions opérationnelles.
- **Facteur humain** : Conditions de travail du contrôleur aérien (charge de travail ATC, assistance, repos, formation...).

Lors de l'évaluation de la capacité de contrôle d'un secteur, les éléments généraux à prendre en compte sont [10] :

- ✓ **Flux de trafic** : C'est le nombre d'aéronefs (AC) qui entrent dans le secteur sur une période donnée, généralement mesurée en nombre d'aéronefs par heure. Les caractéristiques de cet afflux ont un impact direct à la fois sur la capacité du secteur et sur la densité du flux, qui à son tour affecte sa capacité.
- ✓ **Secteur de contrôle** : La taille du secteur, les zones militaires, la géographie des lieux, les reliefs influent sur la définition des planchers (altitude minimum) et de l'élaboration des procédures de navigation, ce qui infect sur la capacité
- ✓ **Espacement entre les aéronefs** : C'est la distance minimale requise entre les AC dans le secteur. Cette distance varie en fonction de la catégorie d'aéronef, de la configuration de l'espace aérien et des procédures opérationnelles. La capacité de contrôle est donc, inversement proportionnelle à l'espacement entre AC.
- ✓ **Procédures opérationnelles** : l'utilisation de procédures d'approche à guidage vertical précis (comme l'ILS - Instrument Landing System). De même, l'utilisation de procédures d'approche non précises...
- ✓ **Équipement de surveillance et de communication** : La disponibilité et la fiabilité des équipements de surveillance (tels que les Radars) et de communication (comme les fréquences radio) sont essentielles pour assurer une capacité de contrôle adéquate. Des équipements modernes et fonctionnels facilitent la coordination et permettent une gestion efficace du trafic.

La capacité réelle peut varier en fonction de nombreux autres facteurs, tels que les pannes d'équipement, les conditions météorologiques, les procédures d'urgence ...

III.2.7. Les modèles mathématiques de calcul de la capacité :

Il convient de noter que le calcul précis de la capacité de contrôle du secteur d'approche est une tâche complexe qui peut impliquer des modèles mathématiques.

Les autorités de régulation de l'aviation civile et les organismes de contrôle aérien utilisent généralement des méthodologies spécifiques pour évaluer et ajuster la capacité de contrôle en fonction des conditions opérationnelles, et sont souvent considérés comme des informations confidentielles.

Une modélisation multivariées complexe est obligatoire pour approcher la valeur réelle de la capacité. Cette tâche sera possible par le biais des hypothèses simplificatrices et le choix de type du modèle adopté, comme [18] :

1. Modèle de capacité basé sur le Temps :

La capacité est exprimée en termes de nombre maximum d'AC pouvant être gérés par unité de temps (par exemple, par heure), basé sur des estimations empiriques et des données historiques. Il prend en compte des facteurs temporels, tels que la durée d'approche et d'atterrissage, le temps de séparation entre les aéronefs et le temps de communication avec les pilotes.

$$C_{APP} = 60 / T.....[18]$$

Avec : T= le temps minimal entre deux aéronefs en approche.

C_{APP} = Nombre d'APP par heure (60min).

2. Modèle de capacité basé sur l'Espace :

Ce modèle estime la capacité en se concentrant sur le nombre d'AC pouvant être gérés dans un intervalle de temps donné. Il prend en compte des paramètres tels que la distance minimale requise entre les AC, les vitesses de décollage et d'atterrissage, les temps de roulage et les flux théoriques.

3. Modèle de capacité basé sur la Saturation :

Ce modèle évalue la capacité en analysant la saturation du système de contrôle. Il prend en compte des facteurs tels que le nombre de positions de contrôle disponibles, le temps moyen de traitement des instructions, les taux d'occupation des ATC, et les temps d'attente des AC.

4. Modèle de capacité basé sur l'Espace Aérien :

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrôme

Ce modèle évalue la capacité en analysant l'utilisation de l'espace aérien dans la TMA. Il prend en compte des facteurs tels que la superficie du secteur, les routes et les espaces de séparation disponibles (modélisation géo spatiale).

Il est important de noter que chaque modèle a ses propres avantages, limites et hypothèses. Les organismes de contrôle aérien utilisent généralement une combinaison de modèles et de méthodologies spécifiques adaptées à leurs besoins opérationnels pour évaluer la capacité. De ce fait, Il n'existe pas de formule mathématique unique pour la calculer. Cependant, il existe plusieurs méthodes et modèles utilisés pour l'estimer.

III.2.8. Techniques d'estimation de la capacité d'un secteur ou d'un poste de travail ATC [19] :

A. Méthode DORATASK :

La méthode DORATASK du Royaume-Uni a été utilisée pour la détermination de la capacité de secteurs d'espace aérien et la détermination des contraintes appliquées à l'écoulement de la circulation dans des régions terminales.

Les activités DORATASK étaient axées sur l'évaluation du volume de travail du contrôleur radar : il s'agissait de faire la somme du temps passé à des tâches (observables) de routine et de résolution de conflits d'une part, et à des tâches de planification (non observables) d'autre part. Outre ces deux éléments apparentés des tâches du contrôleur, il y avait un troisième élément - un temps de récupération. Ce temps correspondait à la proportion minimale du temps non consacré à des tâches spécifiées (observables ou non observables) mais jugée indispensable pour la sécurité dans le secteur. Le temps du contrôleur est donc divisé entre tâches observables, tâches non observables et périodes de récupération. Bien que le volume de travail soit déterminé par la somme du temps consacré à des tâches observables et à des tâches non observables, la capacité est considérée comme le niveau de travail qui laisse au contrôleur une marge suffisante de récupération.

-Les tâches observables :

Sont celles qui peuvent aisément être enregistrées et chronométrés par un observateur extérieur exemple : communications radiotéléphoniques et téléphoniques, marquage de fiches et coordination par liaisons vocales directes. Les tâches de routine se rapportant à un aéronef donné sont celles qui doivent être effectuées même s'il n'y a pas d'autres aéronefs dans le voisinage. Pour aller de A à B, tous les aéronefs ont

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

besoin de contacter l'ATC pour recevoir certaines indications de cap et de niveau de vol et pour être passés au secteur suivant. La séquence des instructions de routine données à un aéronef est pratiquement déterminée par la route qu'il emprunte pour traverser le secteur, et par son origine et sa destination. On a donc évalué le volume de travail de routine en affectant les aéronefs à l'un des profils de vol normalisés pour la traversée du secteur : y sont associées des séquences fixes de tâches et, par conséquent, un temps d'exécution de tâches.

L'introduction d'un modèle de simulation a permis d'utiliser l'échantillon de trafic pour évaluer le nombre des occasions où le contrôleur envisagerait de prendre des mesures additionnelles à cause de la présence d'un ou de plusieurs autres aéronefs, y compris des aéronefs qui ne sont pas sur la fréquence du contrôleur. Le volume de travail total observable est la somme du temps consacré aux tâches de routine et à la résolution de conflits.

Le volume de travail de routine durant (par exemple) une heure d'observation dépend uniquement du nombre des aéronefs qui, dans chaque profil de vol, pénètrent dans le secteur. Le volume de travail de résolution de conflits, toutefois, augmente au cours d'une période de trafic de pointe, par distinction avec un écoulement normal.

-Les tâches non observables :

Sont celles qui sont exécutées presque de façon continue par le contrôleur très occupé, en parallèle avec les tâches observables, et qui en général ne peuvent pas être directement enregistrées ou chronométrées par l'observateur. Ces tâches, qui comprennent le monitoring de l'écran radar et la planification des mesures ultérieures, sont toutefois critiques dans le travail du contrôleur de secteur. Le volume de travail non observable a été déterminé au moyen du calcul, pour chaque aéronef à l'intérieur du secteur, du nombre de fiches qu'il engendre et du nombre d'autres fiches, déjà présentes sur les tableaux, qu'il faut vérifier par rapport à cet aéronef lorsqu'il est initialement confié au contrôleur radar. Ce nombre de vérifications a ensuite été multiplié par un « temps par vérification de fiche », et l'on a ainsi obtenu le volume de travail total non observable. Le temps d'une vérification de fiche n'a pas été considéré comme une durée exacte consacré à une tâche matérielle, mais comme un facteur calculé au moment de l'étalonnage du modèle, prenant en compte le temps consacré à la totalité de la tâche de planification. Ce dernier aspect est l'aspect principal de DORATASK qui a nécessité le plus de recherche détaillée. Ce genre de volume de travail augmente nettement au cours d'une période de trafic de pointe.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrôme

Le volume de travail mesuré dans un secteur donné et pour un échantillon de trafic est la somme des temps de travail observable et non observable. Pour arriver à une capacité, il a fallu déterminer une proportion minimale de temps dont le contrôleur doit disposer pour la récupération, afin d'assurer des conditions sécuritaires dans le secteur. Cette proportion augmente normalement avec la durée sur laquelle on prévoit que va se maintenir un taux d'écoulement au niveau de la capacité. Initialement, il avait été admis que le secteur opérerait à la capacité pendant une heure au maximum, sans changement de contrôleur ou sans diminution de la circulation. On a ensuite poursuivi l'étude du degré auquel il faudrait diminuer l'écoulement de la circulation pour que la sécurité puisse être maintenue. Il a été admis que le temps consacré à chaque vérification de fiche, qui déterminait la pondération du volume de travail de planification, était de deux secondes, et ils ont abouti à la conclusion suivante :

« Le volume de travail moyen au niveau de la capacité doit être au-dessous de 80% et des volumes de travail de 90 % ne doivent pas être dépassés plus de 2.5% du temps. »

L'étalonnage du modèle DORATASK s'est effectué en deux parties. Premièrement, le volume de travail prédit par le modèle a été comparé au volume de travail observé au cours de la période d'étude, et les paramètres du modèle ont été réajustés en conséquence.

Deuxièmement

On a tracé une courbe du volume de travail en regard de l'écoulement du trafic pendant un certain nombre d'heures, pour deux secteurs dont la capacité avait été admise d'avance par d'autres moyens à partir des résultats, on a abouti au critère de détermination de la capacité qui est exposé dans le paragraphe précédent.

B. Méthode MBB :

Les travaux de Messerschmidt, Bolköw et Blohm (MBB) en Allemagne, ont abouti à l'élaboration de la méthode MBB, relative aux estimations de la capacité d'un poste de travail ATC. Cette méthode est fondée sur la quantification du volume de travail d'un poste de contrôleur radar. Cela a été rendu possible :

Par la classification en catégories de toutes les démarches de travail observés, c'est-à-dire le nombre d'unités de travail que le contrôleur est capable d'exécuter : par la mesure du temps nécessaire à toutes les catégories observées : par la prise en compte de la capacité de

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

l'espace aérien, qui dépend des risques de conflit à l'intérieur du secteur et par conséquent de la structure du secteur et des caractéristiques du trafic.

Comme il n'a pas été possible d'observer toutes les unités de travail, les temps correspondants ont été enregistrés indirectement. Cela a été effectué par un travail supplémentaire destiné à enregistrer la capacité libre du contrôleur,

Les catégories ci-après de démarches de travail ont été définies, afin de permettre leur évaluation au regard du temps :

- Durée des transmissions en radiotéléphonie.
- Durée des démarches (marquage de fiches, ordonnancement des fiches de contrôle aux fins de la planification).
- Temps nécessaire pour enregistrer et traiter les informations. Cela comprend les catégories ci-après, qui ne peuvent être qu'en partie observés directement
- Dialogue de coordination entre contrôleur exécutif et coordonnateur.
- Notification visuelle des informations grâce à des affichages et des fiches.
- Utilisation de toutes les informations dans le processus de réflexion et de décision.
- Capacité libre mesurée grâce au travail supplémentaire.

Le temps nécessaire pour les catégories « enregistrement des informations » et « traitement des informations » a dû faire l'objet d'investigations indirectes. Le temps nécessaire mentionné ci-dessus résulte de la différence entre le temps nécessaire pour les catégories de travail qui peuvent se mesurer directement et le temps total disponible.

Les investigations effectuées pendant plusieurs périodes d'observation ont révélé que des situations de trafic différentes ou des genres différents de répartition du trafic aboutissaient à des volumes de travail différents. Par conséquent, il n'était pas possible de faire la conversion directe du temps nécessaire en une quantité d'aéronefs qui peuvent être contrôlés. A cet égard, il a fallu procéder à une étape additionnelle, à savoir évaluer chaque aéronef selon le volume du travail et le temps nécessaire correspondant que le contrôle de ces aéronefs entraînait au poste de travail, selon le type de volet la phase de vol.

La pondération définie comme « degré de difficulté de la tâche de contrôle », a été obtenue à partir de la mesure des durées de radio téléphonie entre contrôleur et pilote. La valeur de base était la durée en pour exécuter une tâche de contrôle de manière à faciliter le survol le plus possible sans changer aucun des paramètres de vol.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

Cependant, la valeur de la méthode MBB n'a pas été indiscutable. Au cours des travaux sur cette méthode, il y a eu plusieurs modifications dans les critères d'évaluation qui, en partie, ont conduit à des résultats différents. Tout d'abord, la détermination du degré de difficulté d'un secteur a été critiquée, par exemple du fait que certains éléments du travail du contrôleur, tels que la tâche de résolution des conflits, n'étaient pas suffisamment pris en compte. Par conséquent, les valeurs seuils de volume de travail (à titre d'indicateur de capacité) appliquées par l'organe de gestion des courants de trafic pour son travail sont aujourd'hui plus ou moins des « valeurs expérimentales », tirées de l'expérience des contrôleurs qui évaluent leurs propres organes. Des modifications de dimension des secteurs ont conduit à une adaptation correspondante des valeurs, encore une fois basée sur l'expérience des contrôleurs, mais à l'origine c'est la méthode MBB qui a donné les indications de base.

C. Méthode de la charge de travail [20] :

Les attributs d'un secteur et son trafic génèrent des tâches pour le contrôleur. S'il y a j tâches distinctes, nous pourrions exprimer la charge de travail comme suit [20] :

$$G = \sum_{j=1}^J \tau_j \lambda_j .$$

τ_j : le temps nécessaire pour compléter une tâche j .

λ_j : le taux d'apparition de la tâche. La métrique

G : « l'intensité de la charge de travail » ou la fraction du temps disponible pour le contrôleur afin d'exécuter les tâches dans le secteur occupé. Il y a une certaine valeur G_m au cours de laquelle un contrôleur se sentira mal à l'aise d'accepter le trafic supplémentaire. Ce niveau de confort maximum définit la capacité du secteur.

Ce modèle emploie quatre types de tâches, différentes selon les caractéristiques de leur apparition. Les quatre types de tâches sont définis comme

- Tâches de fond.
- Tâches de transition.
- Tâches récurrentes.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

- Les tâches de conflit.

Ce modèle analytique permet de quantifier l'impact de la charge de travail de la géométrie du secteur, le sens d'écoulement, et les conflits air-air.

D. La méthode expérimentale :

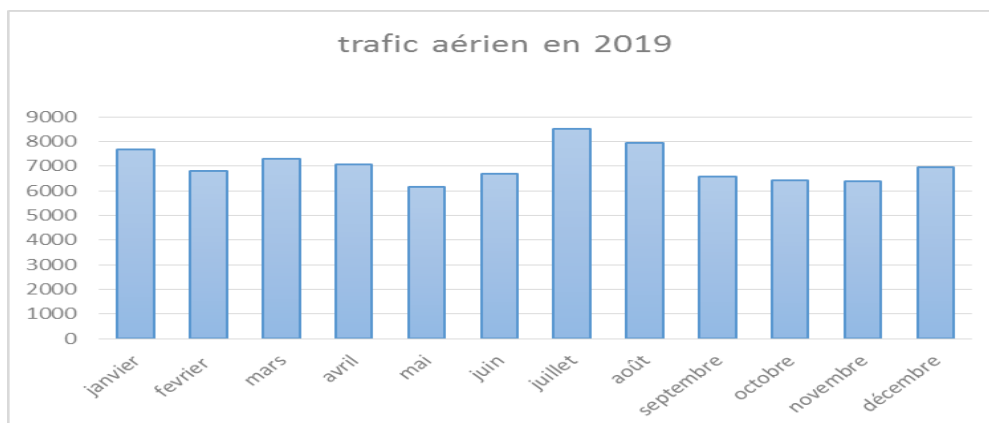
La nature du flux influe sur la capacité par ce que, les descentes et les montées sont souvent plus délicates à gérer que des avions en palier, et aussi la densité du flux affecte directement sur la capacité (plus la densité du flux est grande plus la charge de travail est importante).

Alors pour savoir la capacité il faut d'abord faire une étude sur le trafic aérien (valeur moyenne et de crête, variations saisonnières, hebdomadaires ou journalières), et c'est ce qu'on a fait pour savoir si l'approche DAAG a vu un cas de saturation.

L'approche DAAG a un trafic important car elle est mixte du trafic DAAG et DAAK (Boufarik) et il représente 10% du trafic DAAG.

La méthode expérimentale est une méthode basée sur les statistiques et les données du trafic aérien DAAG et DAAK des périodes différents (2019 et 2022).

➤ En 2019 :

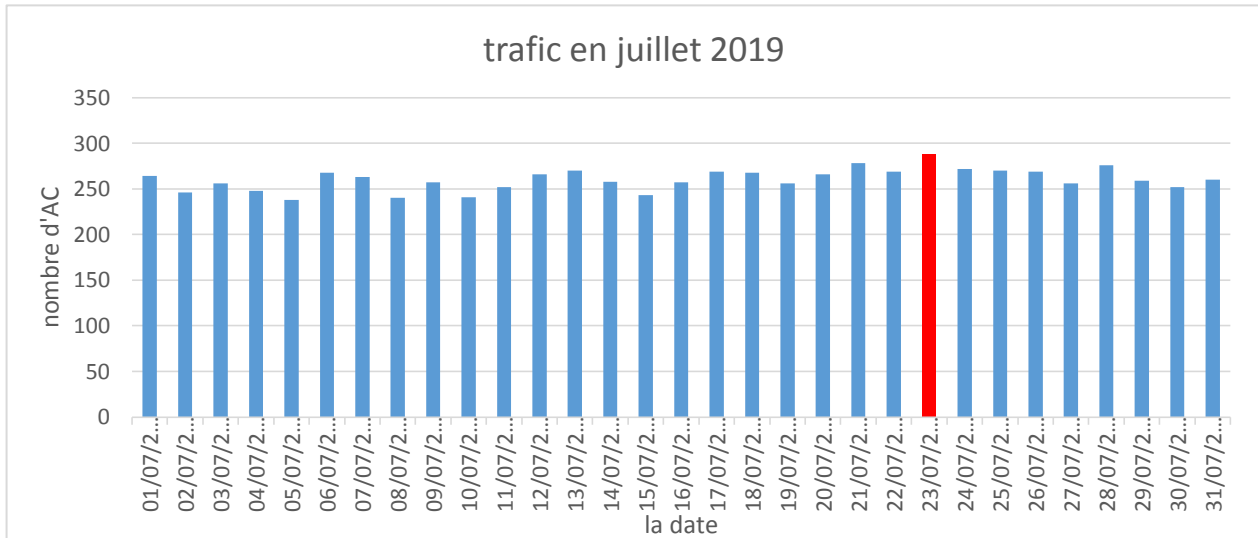


Le
secteur

d'approche d'Alger a vu un trafic aérien annuel important de 84467 vols.

Figure III.1 : Trafic secteur d'approche DAAG en 2019.

Nous avons filtré les données fournis par ENNA de départ et d'arrivées séparément. Ces données comprennent la date, les type d'aéronef, l'heure de départ ainsi l'heur d'arrivé,



immatriculation d'aéronef. D'après ces données nous avons pu de déterminer le mois le plus chargé et nous remarquons dans cette figure le mois juillet est le plus chargé (8496vols), car c'est la période estivale et des congés ou nombreuse personne prend des vacances d'été et profitent de voyager et aussi les évènements, les festivals et les concerts.

Figure III.2 : Trafic aérien en juillet 2019.

D'après cette figure nous remarquons que la journée du 23/072019 est la plus chargé avec 288vols.Et pour determiner le peak il faut savoir dans chaque une heure le nombre de trafic gérer par les ATC.

Figure III.3 : Trafic de la journée la plus chargée 23/07/2019

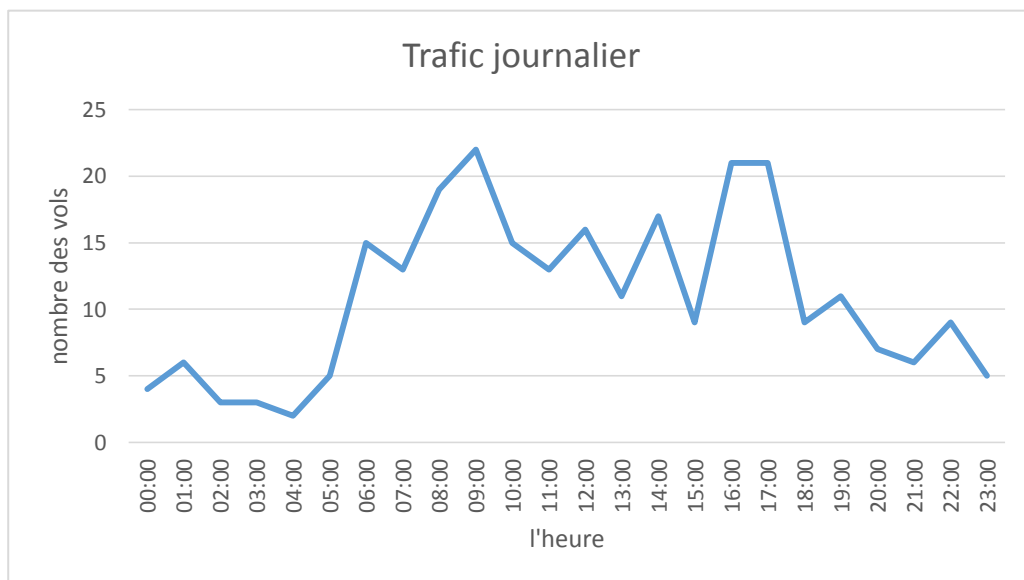
Nous remarquons dans cette figure que l'heure de pointe c'est à partir du 9h à 10h avec un trafic de 21 mouvements par heure.

➤ **Cas de 2022 :**

La même étude utilisée pour l'année 2022 pour savoir l'évolution du trafic aérien. Le nombre des vols est diminué en 2022 à cause de la pandémie et de la situation sanitaire par rapport à 2019. Mais il est en augmentation par rapport à 2020 ET 2021 avec un nombre de

(51654

vols en 2022).



Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

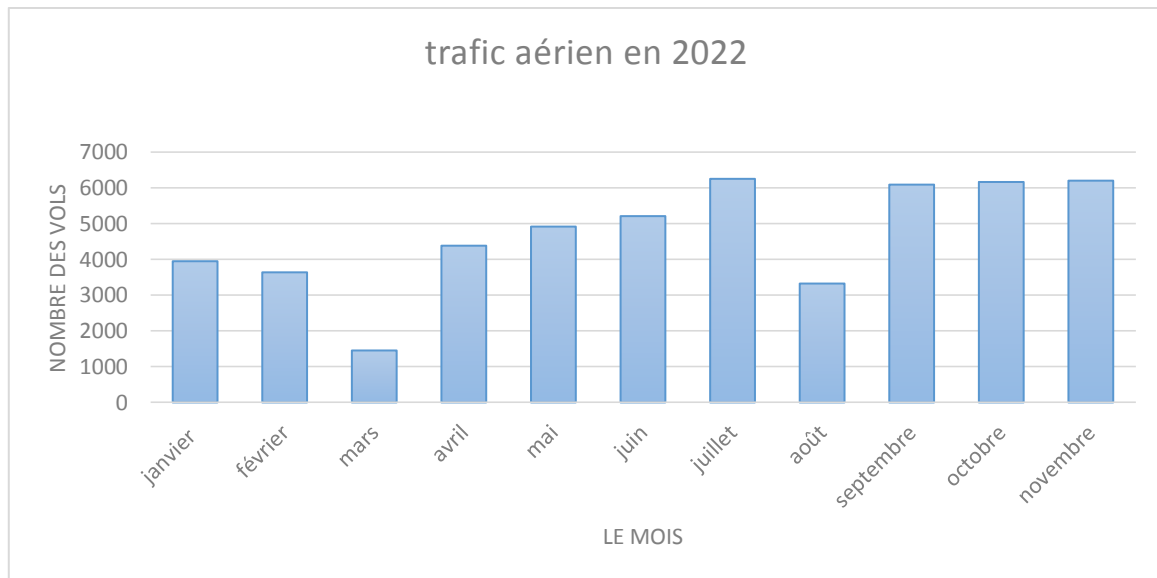


Figure III.4 : Trafic aérien en 2022.

Dans cette figure nous remarquons que le mois le plus chargé est juillet avec un nombre de vol 6261. Puis on a déterminé la journée la plus chargée du juillet 2022.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

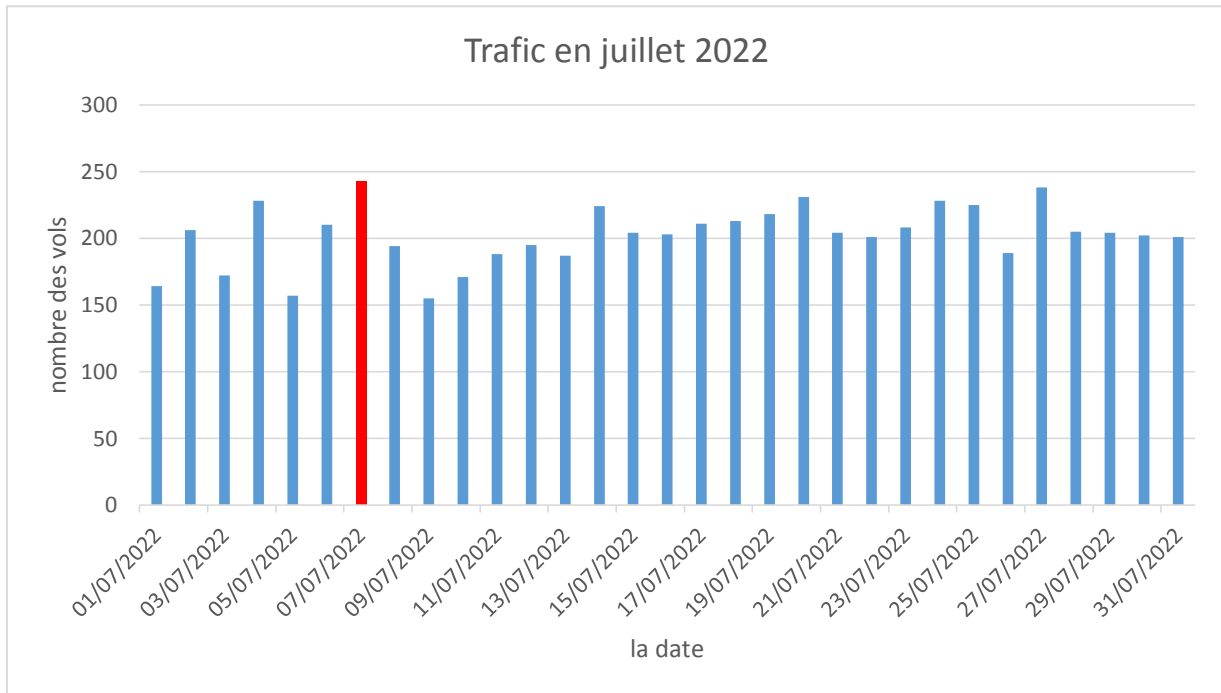


Figure III.5 : Trafic en juillet 2022

Nous remarquons la journée du 07/07/2022 qui a le plus grand nombre de vols du mois du juillet (243vol) et cela nous a permis de faire l'étude journalière.

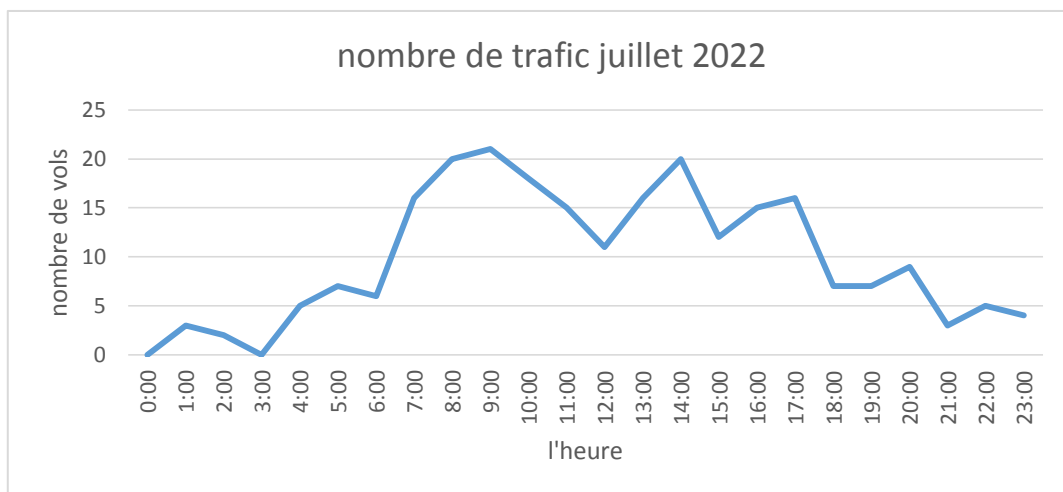


Figure III.6 : Trafic de la journée 07/07/2022.

Dans cette figure nous remarquons une variation de trafic aérien d'une heure à l'autre et que la pointe entre 08h à 10h avec 21 vols après nous remarquons une diminution de nombre de trafic jusqu'à 13h une augmentation a 20 vols.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

Section 02 :

III.2. Capacité Aérodrome :

III.2.1. Définition :

La capacité de l'aéroport est le nombre de demandes qu'un groupe d'installations aéroportuaires peut traiter dans un délai donné, compte tenu de la qualité de service choisie et de la nature et du volume des offres faites par l'ensemble des participants. [9]

III.2.2. Facteurs déterminant la capacité aérodrome : [9]

1. **Conditions météorologiques** : peuvent avoir un impact considérable sur la capacité d'un aérodrome tel que : la visibilité réduite, vents forts et turbulences, orages et foudre, Précipitations et accumulation de neige.
2. **Equipements de navigation** : joue un rôle essentiel dans la capacité d'un aérodrome en permettant des opérations plus sûres et plus efficaces.
3. **Configuration de l'aérodrome** : tel que la longueur et le nombre de piste, la disposition des pistes, les taxiways, les aires de stationnement des avions.
4. **Facteur humain** : joue un rôle critique dans la capacité d'un aérodrome, la gestion des ressources humaines, la collaboration entre les parties prenantes et la formation adéquate du personnel sont tous des éléments essentiels pour maintenir une capacité aéroportuaire optimale.

III.2.3. L'Exploitation des infrastructures de l'aérodrome : (Voir Annex)

III.2.3.1. La Piste Dans un Aérodrome (Rwy/AD) : [9]

III.2.3.1.1. Définition d'une Rwy :

La piste d'aérodrome est une surface rectiligne spécialement conçue pour le décollage et l'atterrissage des aéronefs. C'est une partie importante de l'infrastructure aéroportuaire.

III.2.3.1.2. Conception et choix de la piste : [9]

La conception et le choix d'une piste d'aérodrome sont influencés par plusieurs facteurs et critères importants. Voici certains d'entre eux :

1. **Longueur de piste** : La longueur de la piste dépend du type d'avion qui prévoit d'utiliser l'aéroport.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

2. **Catégorie de piste** : la nature d'une piste doit être évaluée par rapport à la masse maximale de l'aéronef qui l'utilise. Cela dépend du type de revêtement et de sa résistance structurelle.
3. **Direction (orientation QFU)** : La piste doit être alignée avec la direction du vent dominant dans la zone pour faciliter les décollages et les atterrissages face au vent.
4. **Obstacles environnants** : les obstacles naturels tels que les collines, les montagnes, les voies navigables, les zones d'agglomération ou les hautes structures peuvent limiter les options de conception des pistes et affecter leur longueur, ou leur orientation.
5. **Règlementations et normes** : Les autorités de l'aviation civile établissent des réglementations et des normes pour la conception des pistes, y compris les dimensions, les revêtements, les marquages au sol et les équipements de sécurité. Ces réglementations doivent être respectées lors de la conception de l'aérodrome.
6. **Altitude** : L'altitude de l'aérodrome affecte la densité de l'air et donc les performances des aéronefs.
7. **Extension future** : Lors de la conception d'une piste, il est important de tenir compte des prévisions de croissance du trafic aérien et de l'aéroport. Les futurs plans d'extension peuvent nécessiter des terrains adjacents pour étendre ou construire une nouvelle piste.

III.2.3.1.3. Caractéristique d'une piste :

Les caractéristiques de la piste d'un aéroport peuvent varier en fonction d'un certain nombre de facteurs, notamment la taille de l'aéroport, les types d'aéronefs utilisant la piste et les réglementations spécifiques de l'aviation civile. Voici quelques caractéristiques courantes d'une piste d'aérodrome : (voir Annex C) [9]

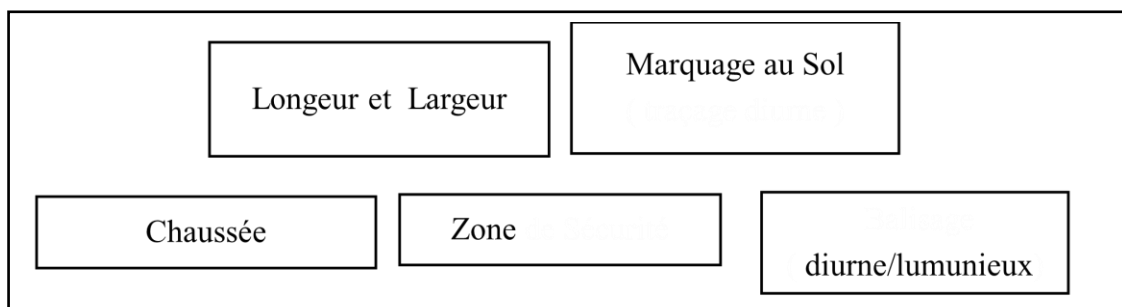


Figure III.7 : Caractéristiques d'une Piste.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

- Comment la piste est un facteur dans la capacité Aéroport ? [9]

La piste d'aéroport est un facteur clé dans la capacité d'un aéroport, car elle détermine la possibilité d'effectuer des opérations de décollage et d'atterrissage. Voici comment la piste influence la capacité de l'aéroport :

- Temps de décollage/atterrissage
- Configuration de piste.
- Catégorie de la piste.

III.2.3.1.4. Les Causes d'Obstruction d'une piste : (voir Annex D)

Concernant les causes de fermeture de piste, voici quelques exemples courants :

- Travaux de maintenance.
- Conditions météorologiques défavorables.
- Présence d'obstacles ou d'animaux.
- Incidents ou accidents.
- Obstruction.

III.2.3.1.5. Cas Houari Boumediene DAAG :

A. Choix de la période : [21]

Le Covid nous a contraint à réaliser cette étude expérimentale lors de la période 2019/2022. Cela nous a permis de comparer les différences entre le nombre de trafics et la capacité maximale d'aéroport, suite à cela nous avons réalisé une évaluation du trafic en prenant compte que l'année 2019 été la plus chargée (nombre de vol, la charge de travail).

L'aéroport d'Alger contient deux pistes convergentes de même longueur et d'une largeur différente en générale une est principale et l'autre et secondaire .

Période	05	23	09	27	Total	Hélicos	
1 ^{er} Trimestre	-	-	2967	18586	21553	970	
2eme Trimestre	-	-	5158	15637	20795	832	
3eme Trimestre	-	-	7614	15968	23582	980	
4eme Trimestre	-	-	1444	19043	20487	1580	
Total	-	-	17183	69234	86417	4362	
							90779

Tableau 13 : Utilisation des pistes en 2019

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

Période	05	23	09	27	TOTAL	Hélicos
1 ^{er} Trimestre	2780	7480	0	0	10260	638
2 ^{ème} Trimestre	4599	8351	0	0	12950	586
3 ^{ème} Trimestre	7588	9792	0	0	17380	574
4 ^{ème} Trimestre	2806	15084	0	0	17890	882
Total	17773	40707	0	0	58480	2680

Tableau 14 : Utilisation des pistes en 2022.

III.2.3.2. Parking :

Il convient de noter que la capacité d'un aéroport ne dépend pas uniquement de la piste, mais aussi de facteurs tels que Parking. (Voir Annex A)

Houari Boumediene est composé de 81 postes de parkings qui sont divisés selon les catégories et les types d'aéronef accueilli. En parallèle, deux types (P4 et P6) de parkings sont hors service comme le tableau suivant l'illustre :

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

Parking	Nom et nombre de poste	Type d'aviation
P1	Central de 1 jusqu'à 9 postes	Moyen porteur
P2	Sud 1 et 2 1/ De S6 jusqu'à S8 2/ De S9 jusqu'à S12	1/ pour grand porteur 2/ pour moyen porteur
P3	Station lavage 1 seul poste non opérationnel	Pour tous les types d'aéronef
P5	Groupe Aéro 4 helipads + hangar technique	Police protection civil base de maintenance DAH
P7	Nord 3 postes	Pour les cargos
P8	Maintenance tassili	ENNA+DTH
P9	4 postes ne sont pas nommés	Pour les ATRS et l'aviation légère
P10	Wiskey de 1 jusqu'à 12 postes	Grand porteur et moyen porteur
P11	Wiskey de 13 jusqu'à 20 postes	Moyen porteur sauf w20-21 pour grand porteur
P12	Tango-wiskey 16 postes	Grand et moyen porteur
P13	Sierra de 13 jusqu'à 19 postes	13/14/15 grand porteur et 16/17/18/19 moyen porteur
P14	Sud de 20 jusqu'à 23 postes	Moyen porteur
P15	1 seul poste	Salon d'honneur

Tableau 15 : classification des parkings selon le type d'aéronef.

III.2.4. Séparation aérodrome : [22]

Séparation aérodrome ou bien séparation des aéronefs au sol (roulage) est une séparation visuelle pour assurer une distance de sécurité entre les aéronefs si les conditions VMC sont vérifiées, les contrôleurs font la séparation a vu en réduisant les minima de séparation. Pour les vols VFR.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

III.2.4.1. Type de Séparation :

Les dispositions suivantes complètent les minimums de séparation longitudinale spécifiée. [22]

A. Départ :

- 2min si : 1^{er} aéronef précédent vole à une vitesse supérieure d'au moins 74 km/h (40 kt) à celle de l'aéronef qui le suit et si les deux aéronefs volent sur la même route.

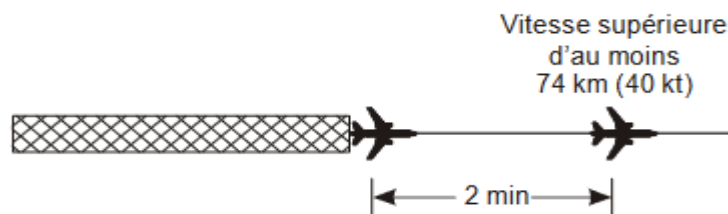


Figure III.8 : Séparation de 2 minutes entre aéronefs qui suivent la même route.

- 5min si : Lorsqu'un aéronef au départ doit traverser le niveau d'un aéronef qui le précède, et lorsque les deux aéronefs doivent suivre la même route.

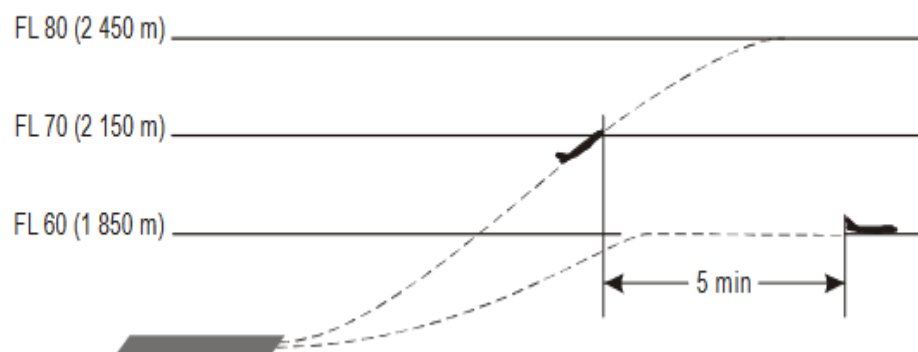


Figure III.9 : Séparation de 5 minutes entre aéronefs au départ qui suivent la même route.

- 1min si : deux aéronefs au départ suivent des routes divergent d'au moins 45°

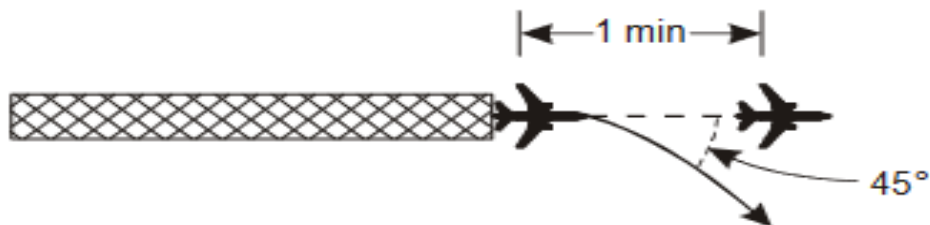


Figure III.10 : Séparation d'une minute entre aéronefs au départ qui suivent des routes divergeant d'au moins 45 degrés.

III.2.4.2. Turbulence de sillage (J-H-M-L) :

A.L'arrivée :

- Moyen tonnage derrière gros-porteur → 2 minutes
- Faible tonnage derrière moyen tonnage → 3 minutes
- Faible tonnage derrière gros-porteur → 3 minutes

B.Départ :

- Séparation de 2min sera appliquée pour un aéronef de faible ou moyen tonnage qui décolle derrière un aéronef gros-porteur ou pour un aéronef faible tonnage décollant derrière un aéronef de moyen tonnage lorsque les aéronefs utilisent :
 - La même piste
 - Des pistes sécantes si la trajectoire de vol prévue du deuxième aéronef doit croiser celle du premier aéronef à la même altitude ou moins de 300m (1000 ft) plus bas.
- Séparation de 3 sera appliqué pour un aéronef de faible ou moyen tonnage lorsqu'il décolle derrière un aéronef gros-porteur ou pour aéronef de faible tonnage lorsqu'il décolle derrière un aéronef de moyen tonnage :
 - D'une partie intermédiaire de la même piste.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

- D'une partie intermédiaire d'une piste parallèle distante de moins de 760m (2500 ft)
- Un minimum de séparation de 2min sera appliqué entre un aéronef de faible ou moyen tonnage et un aéronef gros-porteur ou entre un aéronef de faible tonnage et un aéronef de moyen tonnage lorsque le plus lourd des deux fait une approche à faible hauteur ou une approche interrompue et que le plus léger des deux :
 - Utilise une piste de sens opposé pour le décollage.
 - Atterrit sur la même piste en sens opposé ou sur une piste parallèle de sens opposé distante de moins de 760m (2500 ft).

III.2.5. Les méthodes de calcul de la capacité aérodrome :

Il existe différentes manières de calculer la capacité et elles varient selon les réglementations et directives de chaque pays.

III.2.5.1. Méthode des mouvements pour le calcul de la capacité aérodrome :

1) déterminez le nombre de mouvements des aéronefs que l'aérodrome peut accueillir pendant une heure (Nac). Ce nombre dépendra de la taille de l'aérodrome, de la longueur et de la RWY, de la configuration des TWY ,des obstacles environnants ,etc.

2) Calculer le temps moyen d'occupation de la RWY par mouvement d'aéronefs (Trwy). Ce temps peut varier en fonction du type d'aéronef, de la vitesse de la distance de décollage et d'atterrissage, etc.

3) Multipliez le nombre de mouvement par heure par le temps moyen d'occupation de la RWY par mouvement pour obtenir la capacité horaire de la piste (Crwy).

4) Répétez les étapes 1 à 3 pour chaque RWY de l'aérodrome.

5) Ajouter les capacités horaires de chaque piste pour obtenir la capacité totale de l'aérodrome.

$$C_{AD} = \sum C_{RWY} = \sum (NAC \times T_{RWY}) \dots\dots [18]$$

III.2.5.2. La méthode expérimentale :

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

C'est une méthode réelle basée sur les statistiques dans laquelle nous avons filtrés les données de départ et les données arrivées séparément. Ces données comprennent la date, le type d'aéronef, l'heure de départ ainsi l'heur d'arrivée, immatriculation d'aéronef.

Cette méthode nous a permis de déterminer la journée la plus occupée ainsi que la période de pointe. [23]

III.2.5.2.1. Etude Analytique :

Suite à cette méthode nous avons pu étudier l'évolution et la comparaison du trafic durant l'année 2019 et 2022 (période du COVID-19) en ayant une seule piste (23/05).

Cette méthode nous a permis à déterminer les quatre mois de l'année qui connaissent un pic de fréquentation important du trafic aérien à DAAG, puis nous avons déterminé les journées les plus chargées durant ces quatre saisons se basant sur les statistiques, filtrage des données, leurs organisations et sur le travail des contrôleurs.

Voici les résultats que nous sommes parvenus à obtenir :

➤ Pour l'année 2019 :

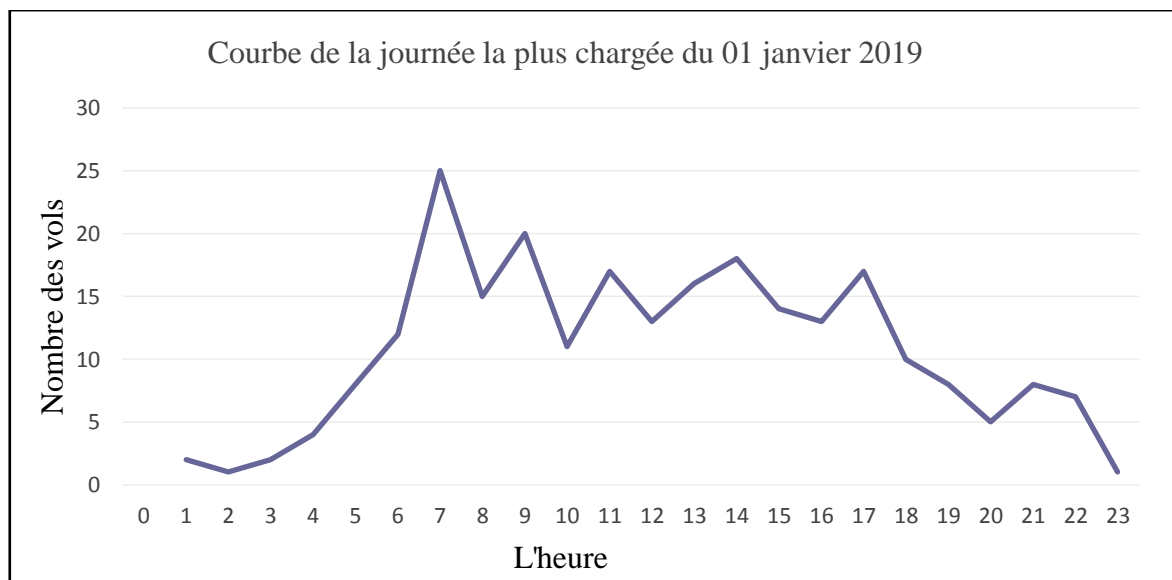


Figure III.11 : Courbe de la journée la plus chargée du janvier 2019.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

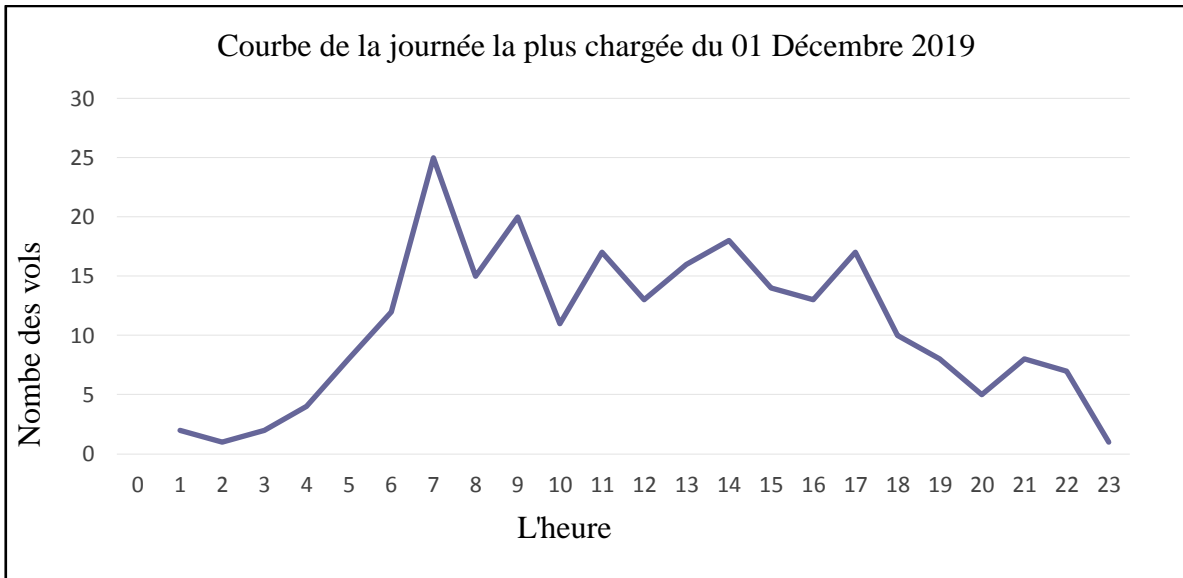


Figure III.12 : Courbe de la journée la plus chargée du décembre 2019.

Les deux courbes présentent ci-dessus représentent la journée la plus chargée de décembre (Figure 11) ainsi que celle de janvier (Figure 12), dans laquelle on constate que le nombre de mouvement a atteint les 26 mouvements par heure. Durant cette période de fin d'année, le nombre de passagers a augmenté en raison des échanges économiques, commerciaux, fêtes de fin d'année (Noel, nouvelle an). Le trafic s'est ainsi accru de décembre à janvier.

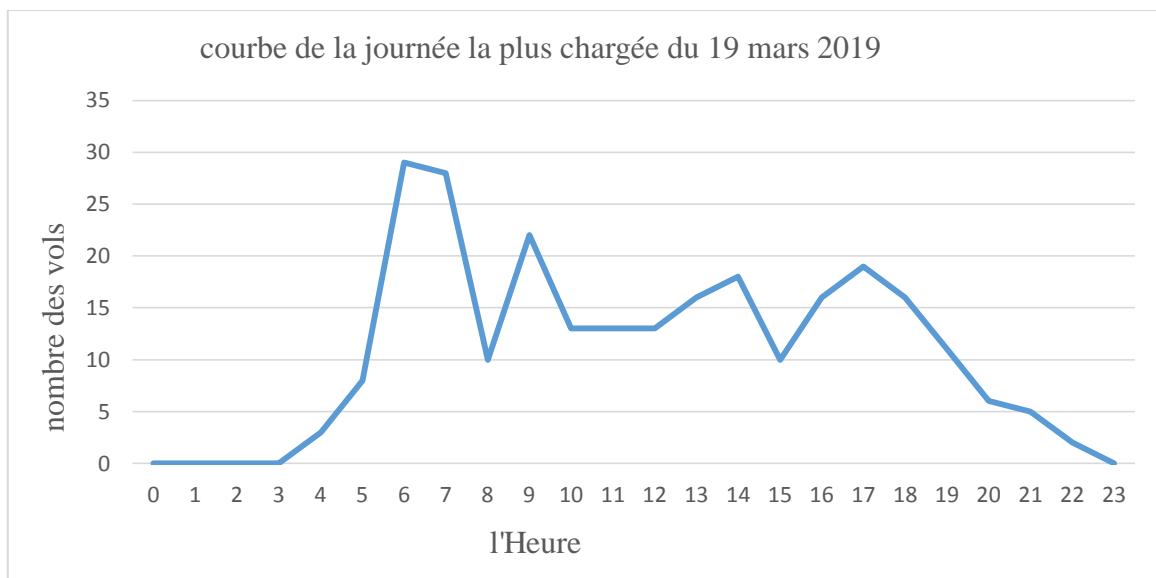


Figure III.13 : Courbe de la journée la plus chargée du mars 2019.

La courbe ci-dessus indique la journée la plus chargée de mars 2019, dans laquelle on constate que le nombre de mouvement s'élève à 29 mouvements par heure, en raison de

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aéroport

nouveaux créneaux attribués ainsi que des nouvelles compagnies aériennes desservent l'Algérie (ASL, Transavia)

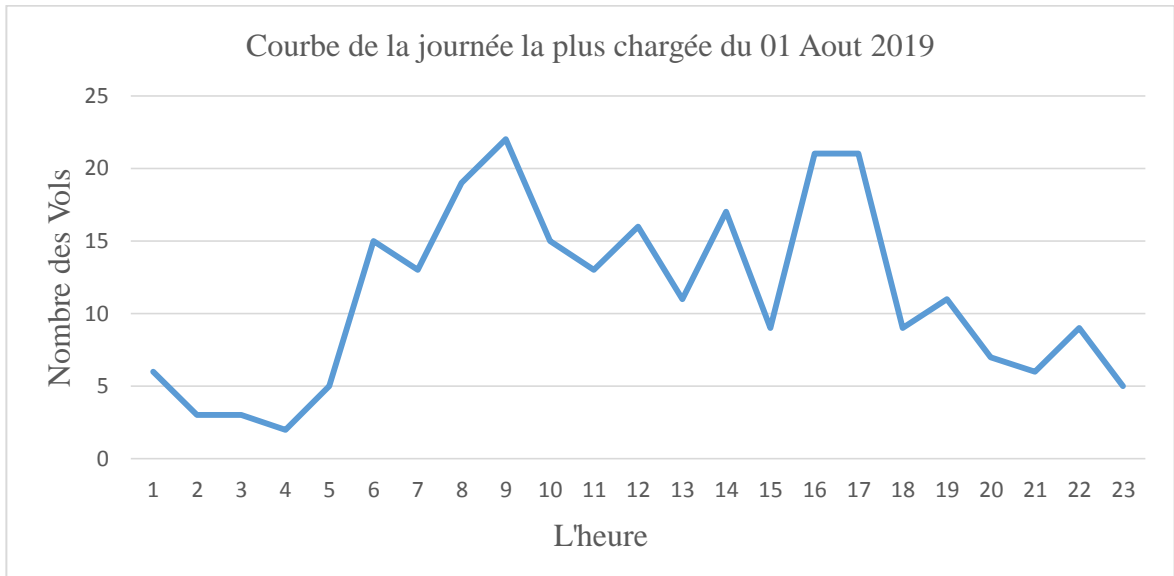


Figure III.14 : Courbe de la journée la plus chargée d'Aout 2019.

Ce graphique montre la journée la plus chargée du mois d'aout, dans laquelle on constate que le nombre de mouvements s'élève jusqu'à 23 mouvements par heure, durant lequel l'aviation mondiale augmente en raison de période estivale (la haute saison).

➤ **Pour l'année 2022 :**

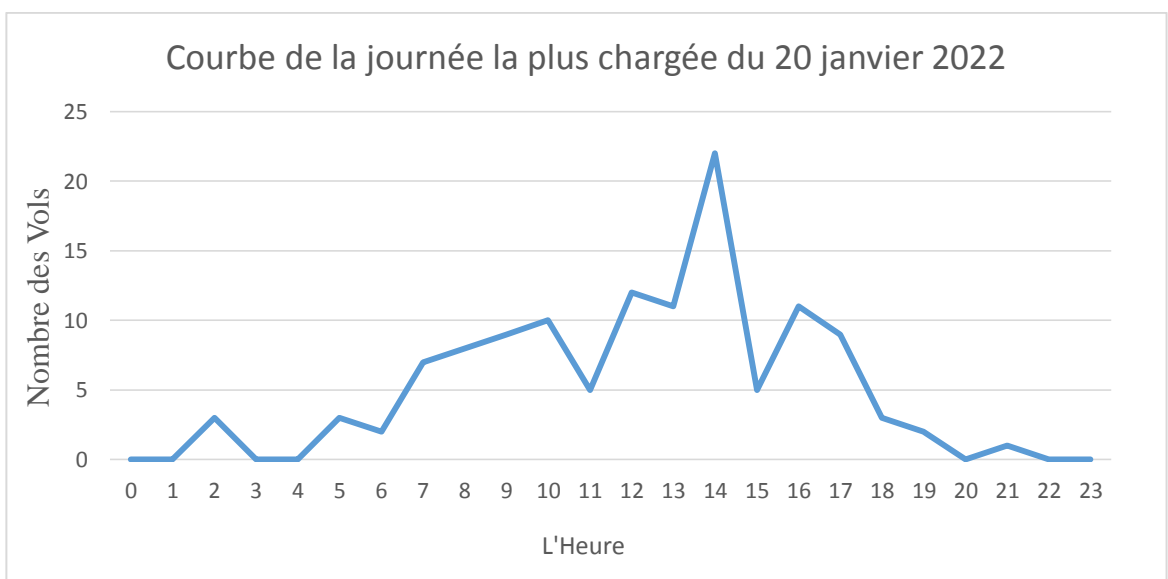


Figure III.15 : Courbe de la journée la plus chargée du janvier 2022.

Ce graphique montre la journée la plus chargée du mois de janvier 2022, en raison de la reprise des vols suite au covid-19.

Chapitre III L'estimation de la Capacité Approche et Aérodrome

Nous pouvons constater sur ce graphique qu'il y a un pic d'augmentation du nombre de vols jusqu'à 23 mouvements par heure, en raison de l'ouverture des frontières.

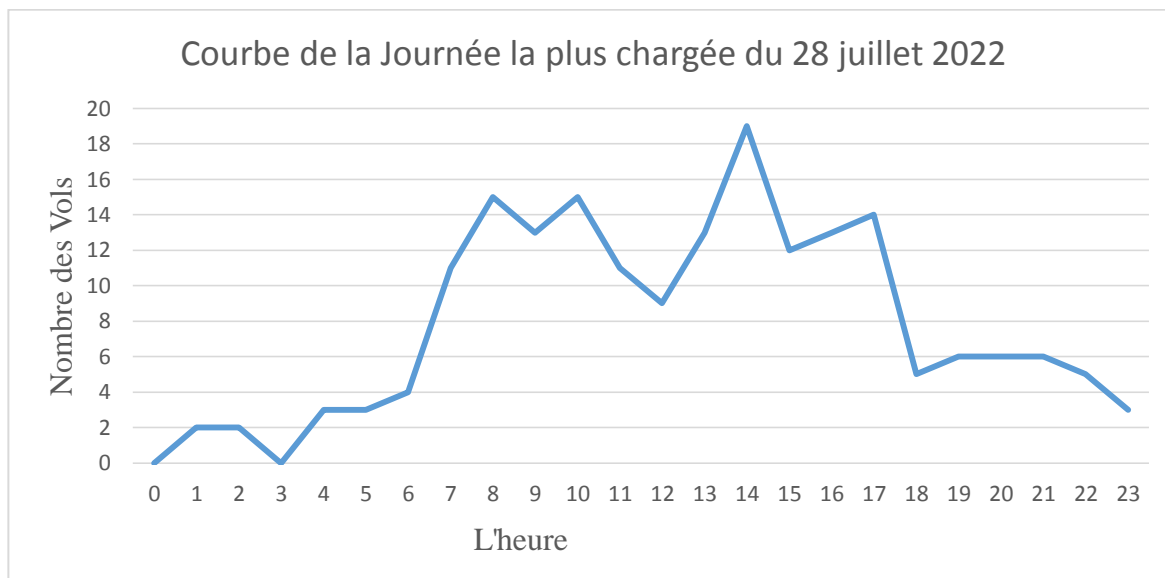


Figure III.16 : Courbe de la journée la plus chargée du juillet 2022.

Ce graphique représente la journée la plus chargée de mois juillet 2022, dans laquelle on constate que le nombre de mouvements a atteint 19 mouvements par heure, en raison principale de la période estivale qui nous mène à une augmentation des passagers ainsi qu'à une augmentation du nombre de vols comportant une charge de travail élevée.

Conclusion :

Alors d'après les statistiques fournis par ENNA nous avons fait une étude sur l'évolution de trafic aérien en 2022 et 2019 et cela nous a aidé à déterminer les pointes des différents mois et à savoir que le trafic aérien à DAAG était contrôlé et géré sans avoir un cas de saturation malgré que dans ces deux années les contrôleurs travaillent avec une seule piste (23/05) et aussi malgré le trafic DAAK et la complexité du secteur mais un trafic de 29 mouvements par heure est gérable.

En conclusion, nous pouvons constater que chaque année il y a des mois dans lesquels le trafic est en hausse ce qui nous mène à une augmentation des passagers ainsi qu'à une augmentation de notre secteur aérien dont l'augmentation de capacité.

Chapitre IV
Systeme de calcul de
Capacité

IV.1. Introduction :

La connaissance de la capacité des secteurs de la circulation aérienne où des postes d'exploitation ATC est nécessaire pour deux raisons principales. La première est la planification à long terme, il est nécessaire d'anticiper efficacement toute réduction de capacité future, déduite des prévisions de trafic. La deuxième raison est la possibilité de réduction de capacité qui nécessite un contrôle de flux, il faut le savoir afin de restreindre le trafic sans surcharger le système ni affecter excessivement les opérateurs, ou afin de mettre en œuvre les meilleures pratiques sur la performance opérationnelle.

Dans ce chapitre nous allons calculer la capacité horaire d'approche et d'aérodrome d'Alger par des méthodes différentes et comparer les résultats avec prévision de trafic.

IV.2. Méthode choisie et la raison :

Méthode choisie est la charge de travail, celle-ci résulte de la gestion des contraintes de l'effectif par rapport aux moyens humains et opérationnels dont elle dispose. Elle se traduit quantitativement (surcharge) mais aussi qualitativement (complexité ou appauvrissement du travail) pour les individus et pour les collectifs. Cette méthode répond à nos besoins opérationnels et elle se rapproche aussi de la réalité.

Dans cette étude on a utilisé l'outil de programmation Matlab de la version 8.5.0.197613 (R2015a), qui est un environnement informatique conçu pour le calcul matriciel. C'est un outil puissant, qui permet la résolution de nombreux problèmes en beaucoup moins, de temps

IV.3. Méthode Charge de travail :

IV.3.1. Description du procédé :

Les attributs d'un secteur et de son trafic peuvent être exprimés en termes de la façon dont ces attributs génèrent des tâches pour le contrôleur. S'il y a J tâches distinctes, nous pourrions exprimer la charge de travail comme suit :

Ou t_j est le temps nécessaire pour terminer la tâche j, et λ_j est le taux de son occurrence. Le modèle fournit un point de départ physique en affichant les tâches comme des segments distincts de la chronologie. La métrique G peut alors être considéré comme « intensité de la charge de travail » ou la fraction du temps disponible pendant laquelle un contrôleur des secteurs occupé exécuter des tâches. Il existe une certaine valeur G_m à laquelle un contrôleur

se sentira mal à l'aise d'accepter du trafic supplémentaire. Ce niveau de confort maximum définit la capacité du secteur. Ce modèle utilise quatre types de tâches, différenciées en fonction de leurs caractéristiques d'occurrence. La plupart des activités de contrôleur définies peuvent être affectées à l'un des quatre Types de tâches : tâches de fond, de transition, récurrentes et les tâches de conflit.

- **Les tâches de fond** : se produisent sans égard au nombre d'avions dans le secteur. Nous considérons qu'elles se produisent à un taux moyen λ_b et nécessitent un temps moyen τ_b pour se terminer les tâches de fond comprennent des activités de routine telle que la configuration écrans la coordination avec les gestionnaires et les superviseurs, l'entretien des zones de travail, la vérification des performances des surveillance et l'examen des prévisions météorologique. Ces tâches absorbent une petite fraction constante du temps du contrôleur.

$$G_b = \tau_b \lambda_b \dots\dots [20]$$

- **Les tâches de transition** : se produisent à chaque fois qu'un avion traverse le secteur. Elles comprennent des tâches telles que l'acceptation du transfert, le premier contact, la familiarisation avec les informations sur le plan de vol et la planification initiale de l'itinéraire. Les tâches de transition sont regroupées en considérant un temps moyen τ_t nécessaire pour se terminer et se produire à un taux moyen λ_t . Le taux d'occurrence des tâches de transition est égal au nombre moyen d'avions dans le secteur $E [N]$ divisé par le temps de transit moyen à travers le secteur T . Ce taux est donc équivalent au débit du secteur :

$$\lambda_t = E [N] / T \dots\dots [20]$$

- **Les tâches récurrentes** : se produisent à plusieurs reprises tandis que chaque avion reste dans le secteur. Ces tâches nécessitent un temps moyen τ_r pour les terminer. Ils se reproduisent à un taux moyen λ_r , où :

$$\lambda_r = E [N] / P \dots\dots [20]$$

P représente la période moyenne de récurrence des tâches par avion. Les tâches récurrentes comprennent des activités telles que l'analyse du trafic, l'espace aérien restreint et l'évitement des conditions météorologiques dangereuses, les changements de plan de vol et les mises à jour de statut. Les tâches récurrentes comprennent également des activités destinées à prévenir les conflits, telles que le Contrôle de conformité et la planification de la séparation.

- **Les tâches de conflit** :se produisent lorsqu'il y a des conflits entre deux avions. (Bien que les conflits entre trois avions ou plus soient une préoccupation majeure pour les contrôleurs, cette préoccupation est généralement déclenchée par un conflit par paire. Le taux de conflit entre plusieurs avions est trop petit par rapport au taux de conflit par paire pour nécessiter une manipulation séparée.) Les tâches liées aux conflits comprennent des activités telles que la détection des conflits, la vectorisation pour résolution des conflits, la prise en compte des rencontres secondaires et la récupération des itinéraires après le conflit.

Les tâches de conflit sont regroupées en considérant un temps moyen τ_c nécessaire pour se terminer et se produire à un taux moyen λ_c . Pour un secteur avec un nombre d'aéronefs particulier N_s , le taux de conflit varie comme le carré de N_s multiplié par B divisé par le volume du secteur Q .

$$\lambda_c = (B \cdot N_s^2) / Q \dots [20]$$

Dans cette équation, B est une constante physique basée sur les vitesses de fermeture de avions et les normes de séparation :

$$B = 2 M_h M_v E [V] h v 12 \dots [20]$$

Où M_h et M_v sont les distances manquantes horizontales et verticales qui définissent une violation de séparation et $E [V]$ est la valeur attendue de la vitesse de fermeture. En général le nombre de trafic dans un secteur N est une variable aléatoire si la densité volumétrique locale du trafic est κ , alors

$$\kappa Q = E [N] \dots [20]$$

L'hypothèse de Poisson donne un taux de conflit moyen :

$$\lambda_c = B \kappa (\kappa Q + 1) \dots [20]$$

La charge de travail totale :

L'intensité totale de la charge de travail G est la fraction du temps disponible du contrôleur consacré à ces quatre types de tâches :

$$G = \tau_b \lambda_b + \tau_t \lambda_t + \tau_r \lambda_r + \tau_c \lambda_c \dots [20]$$

Cela s'élargit à :

$$G = G_b + \tau \kappa Q_t / T + \tau \kappa Q_r / P + \tau B \kappa (\kappa Q_c + 1) \dots [20]$$

On calcule les termes liés à la vitesse (κ, T, B et Q) directement à partir de la géométrie de Secteur et les paramètres de trafic. Les valeurs (G_b, τ_t, τ_r, P et τ_c) sont tous empiriques.

L'addition de fond, la transition, récurrent, et détaches de conflit atteignent une limite de confort G_m nominale de 80% (pour une densité de 16 avions par 10000nm³). Lorsque G égale à 80% du tem pastoral disponible, les contrôleurs déclarent que le secteur avait atteint sa charge maximale G_m .

IV.4. Système de calcul de la capacité :

Le programme que nous avons développé a pour objectif d'estimer le nombre d'avions qui peuvent être contrôlés simultanément dans le secteur d'approche et aéroport DAAG, et calculer la capacité horaire du secteur. A la fin comparer le résultat avec les prévisions de trafic. Le travail est fait par les étapes suivantes :

- ✓ Introduire les données du volume et hauteur du secteur, de séparations verticales et horizontales du secteur.
- ✓ Les applications des algorithmes de calcul de la méthode de charge de travail se font par une simulation du nombre d'avions.
- ✓ Application des méthodes d'estimation de la capacité basées sur le temps (approche et aéroport).
- ✓ Calculer le nombre maximal d'avions que le contrôleur peut contrôler simultanément
- ✓ Calculer la capacité horaire (approche et aéroport).
- ✓ Filtrer les données de programme de vols juillet 2023 et déterminer le peak.
- ✓ Le traçage du graphe qui présente la charge de travail par rapport au nombre d'avions.
- ✓ Le traçage de la courbe qui représente le trafic de la journée du peak prévu avec la capacité calculer par la charge de travail

IV.4.1. Les paramètres Utilisés : [24]

Voici les paramètres que nous avons obtenus dans le calcul de la capacité du secteur d'approche et d'aérodrome (Houari Boumediene):

Le volume du secteur d'approche d'Alger $Q= 16310.80 \text{ NM}^3$
-La hauteur du secteur $H = 13000 \text{ ft} = 2.14 \text{ NM}$
-Ratio de la longueur par rapport à la largeur $E = 2$;
-Separation horizontale : $M_h = 7 \text{ NM}$;
-Separation verticale : $M_v = 1000 \text{ ft} = 0.165 \text{ NM}$
- La durée des tâches récurrentes : $P= 600\text{s}$, dans laquelle nous faisons des vérifications des strips des messages météorologiques et de la configuration de l'écran...
- Le temps de la tâche de Transition : La durée de la tâche de transition est de 50s , chaque aéronef rentre dans le secteur à une tâche de transition.
- Le temps de la tâche récurrente : La durée de cette tâche est de 25s où le contrôleur transmis les informations ou les instructions comme le cap le niveau à suivre la vitesse...
- Le temps de la tâche de Conflit : C'est les tâches de séparations horizontale et verticale en cas de conflit qui est de 70s
- Vitesse d'approche moyenne : 230kt
- tâches de fond $G_b=0,1$
- La charge de travail maximale : $0,8$ (recommandation OACI pour mesure de sécurité 80%)

Tableau IV.1 : Les paramètres utilisés dans le calcul de capacité.

IV.4.2. Les Fonctions utilisés :

A. Pour calcul capacité d'approche par la méthode charge de travail :

$$C_{app} = k \cdot Q / T \dots\dots [20]$$

Où :

-**k** est la densité du secteur (nombre d'aéronefs / NM^3).

- **Q** est le volume du secteur.

-**H** est l'altitude moyenne du secteur.

B. Pour calcul capacité d'approche par la méthode basée sur le temps :

$$C_{APP} = 60 / T \dots\dots [18]$$

T : le temps minimal entre deux aéronefs en approche.

$$C_{APP} = \text{Nombre d'APP par heure (60min)}$$

C.Pour le calcul de capacité aéroport :

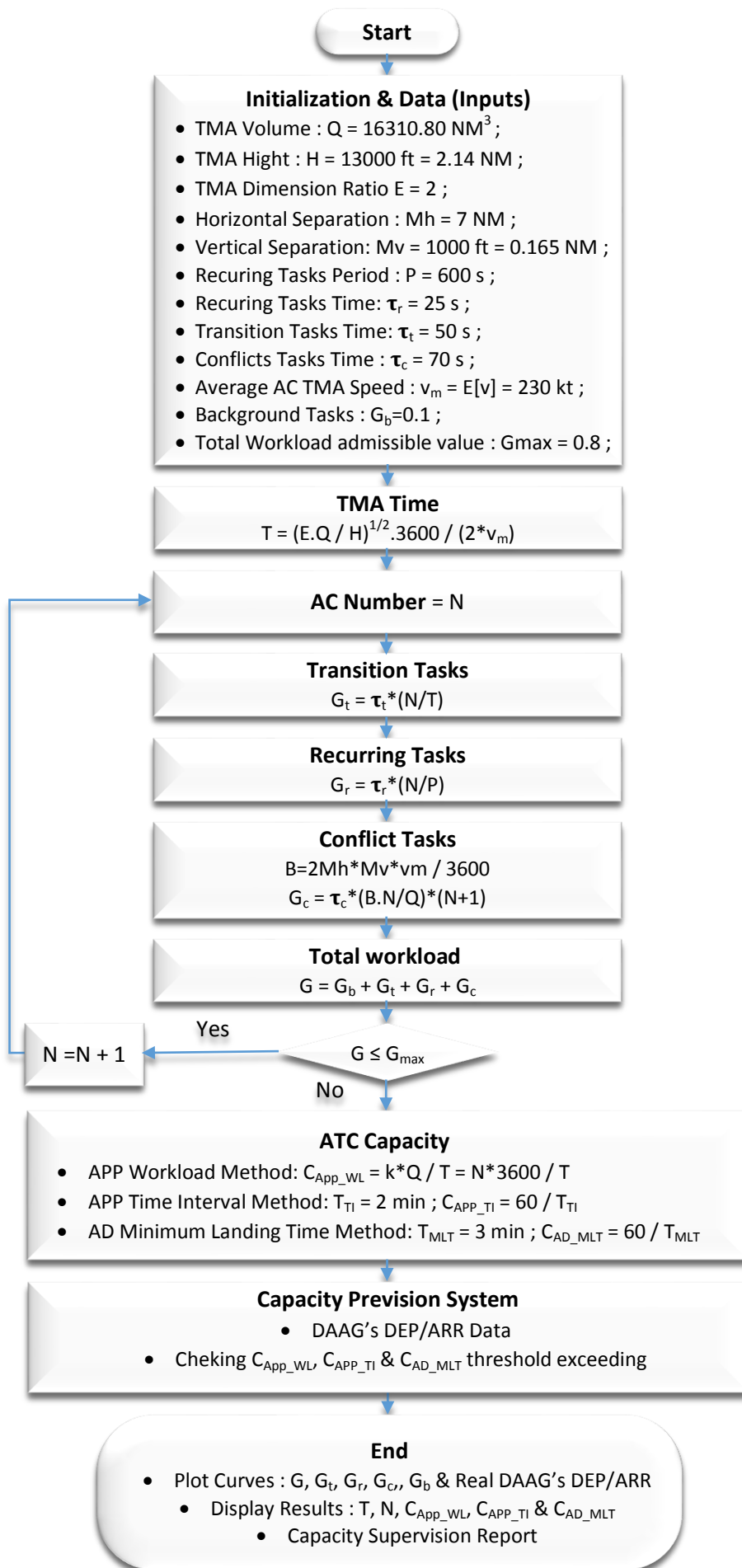
$$C_{AD} = 60 / T..... [18]$$

T= le temps minimal entre deux atterrissages

$$C_{AD} = \text{Nombre d'aéronef par heure (60min)}$$

IV.5. L'organigramme de calcul :

Figure IV.1 : L'organigramme de calcul de capacité



IV.6. Résultat de Système :

Les résultats que nous avons obtenus à l'aide de notre système montrent :

- Le temps de transit moyen $T=16\text{min}$.
- Le nombre d'aéronefs qui peuvent être contrôlé simultanément par le contrôleur : 8 AC.
- La capacité horaire basée sur la méthode charge de travail : 29 AC/h.
- La capacité horaire basée sur la méthode de temps.
 - Capacité d'approche 30AC/h.
 - Capacité d'aérodrome 20AC/h.

Nous avons calculé la capacité du secteur d'approche par deux méthodes différentes la première basée sur la charge du travail du contrôleur et la deuxième basé sur le temps des séparations entre deux aéronefs en approche. Les résultats sont similaires et proche de la réalité.

Dans le calcul de la capacité d'aérodrome par la deuxième méthode (basée sur le temps de séparation) nous avons obtenu des résultats différents à celle de l'approche et cela est dû au trafic de Boufarik qui est géré par l'approche d'Alger.

Après l'obtention de ses résultats et d'après le programme des vols du mois de juillet 2023 que nous avons obtenus par les compagnies et EGSIA la journée prévu chargée est celle de 18/07/2023. Alors on a fait une étude pour prévoir les heures de pic de cette journée avec la capacité calculée en utilisant ce système.

```

Average sector transit time :
  T = 966.25 s = 16.10 min

Max Workload Aircraft number :
  N = 8 AC per 16.10 min

ATC Capacity (based on Workload) :
  C_APP_WL = 29 AC/h

ATC Capacity (based on Time Interval Method) :
  C_APP_TI = 30 AC/h

ATC Capacity (based on Minimum Landing Time) :
  C_AD_MLT = 20 AC/h

*****
***          Capacity Supervision Report          ***
*****
Traffic has exceeded the C_AD_MLT ( 20 ) at Time : 8:00
Traffic has exceeded the C_APP_WL ( 29 ) at Time : 9:00
Traffic has exceeded the C_APP_TI ( 30 ) at Time : 9:00
Traffic has exceeded the C_AD_MLT ( 20 ) at Time : 9:00
Traffic has exceeded the C_AD_MLT ( 20 ) at Time : 10:00
Traffic has exceeded the C_AD_MLT ( 20 ) at Time : 11:00
Traffic has exceeded the C_AD_MLT ( 20 ) at Time : 16:00
..

```

Figure IV.1: Affichage des résultats.

Cette figure représente l’affichage des résultats obtenu par le système ainsi les heures ou le trafic dépasse la capacité calculée.

Le système affiche après valeur au-dessus sous forme des courbes :

- La courbe de la charge de travail
- La courbe de trafic prévu de la journée de 18/07/2023.

Dans la courbe de trafic nous avons déterminés les valeurs de la capacité calculées pour savoir si ce trafic prévu dépasse la capacité du secteur d’approche et d’aérodrome ou non.

- La courbe des prévisions avec la capacité

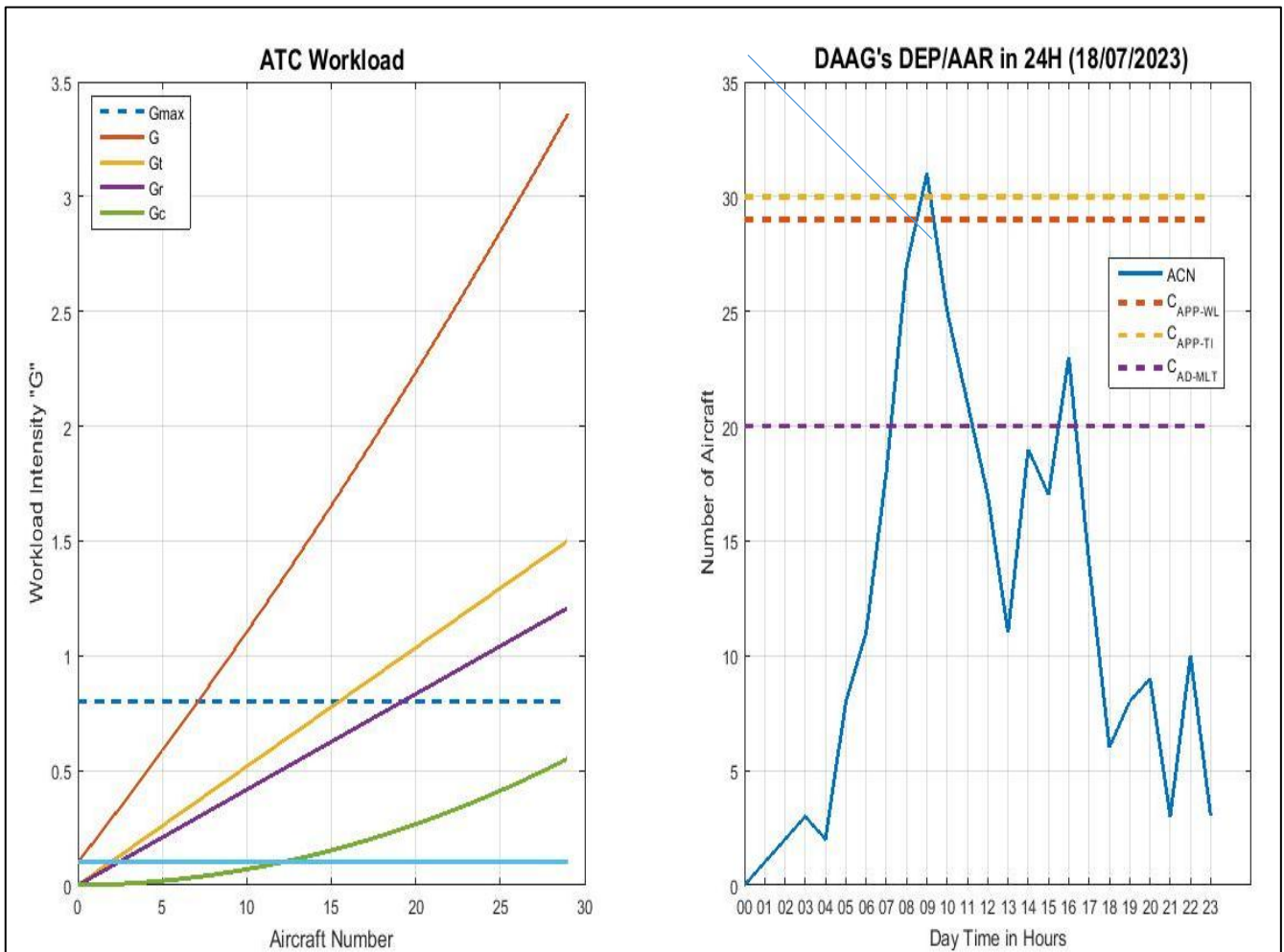


Figure IV.2 : Résultat du système de calcul et de la prévision de capacité.

D'après cette figure nous remarquons deux courbes la première est celle de la charge de travail et ses différentes tâches et leur charge dans le but de montrer que la charge de travail ATC peut varier et elle dépend de plusieurs paramètres.

Dans la deuxième courbe nous remarquons que le trafic prévu dépasse la capacité calculée car c'est la période estivale et aussi Air Algérie a annoncé des nouvelles lignes et nouvelles destinations.

Nous remarquons aussi que le pic est de 08h à 9h avec 31 mouvements Et ça peut causer une charge de travail ATC importante. Chose qui nous mène à trouver des solutions.

Alors le but de notre système est de calculer la capacité par des méthodes différentes pour savoir la valeur la plus proche à la réalité et la plus adaptés à notre cas (la plus adaptés c'est la valeur de la méthode de la charge de travail car elle a pris en considération plusieurs

paramètres). À la fin d'exploiter cette valeur pour les prévisions de trafic et pour déterminer les pics et de donner des solutions.

IV.7. Les Solutions ATFCM :

Suite aux calculs et la prévision de capacité et les résultats obtenus nous avons constaté qu'il existe plusieurs solutions, parmi eux il y a des solutions ATFCM et des solutions tactiques.

A. Solution ATFCM : [8]

- Optimisation de l'utilisation de la capacité disponible.
 - Gestion de secteur.
 - Modèle de maintien.
- Utilisation d'autre capacité disponible
 - Réacheminement (les flux, vols)
 - Faire progresser trafic
 - Gestion FL
- Réguler la demande
 - Limitation de la capacité aéroportuaire
 - Régulation

B. Solution tactique : [25]

- Etablissement de nouvelles procédures (élaborations des STAR et des SID)
- Perfectionnement des moyens de télécom
- Perfectionnement des infrastructures (des sorties à grande vitesse, taxiway parallèles)
- Ouverture les deux pistes (une pour les décollages et l'autre pour atterrissages).
- Une nouvelle sectorisation (le rajout d'une nouvelle fréquence ou de création de nouveau secteur pour la stabilisation du travail).
- Augmentation du nombre d'effectifs.

Conclusion :

Nous avons pu à calculer la capacité de secteur d'approche et d'aérodrome par des méthodes différents à la fin d'exploiter ses valeurs pour faire un système de prévision qui détecte ou bien détermine les heures de pointe (pic) et de donner des solutions pour l'amélioration de la capacité.

Conclusion générale

Conclusion

Le sujet étudié dans ce mémoire nous a permis de déterminer et connaître le problème du calcul de la capacité du secteur ATC qui surgit aujourd'hui par des retards, des problèmes d'afflux de trafic aérien, saturation de secteur qui est susceptibles de poser des problèmes de sécurité à long terme. Nous avons fait une étude sur trafic aérien durant l'année 2019 à 2022 sur secteur approche et aéroport.

Notre but consiste à étudier les différentes méthodes utilisées pour estimer la capacité d'un secteur, ainsi utilisation des applications des mesures ATFM. Pour élaborer des calculs nous avons utilisé une application sous environnement Matlab (qui nous donne une estimation du nombre d'aéronefs pouvant être contrôlés par heure), basée sur la méthode de la charge de travail car cette méthode est la plus adéquate à notre étude.

L'application nous a permis d'avoir une estimation de la capacité (nombre d'aéronefs par heure) des deux secteurs : approche et aéroport depuis ces estimations nous sommes parvenus à la conclusion suivante :

« La charge de travail est proportionnelle à la durée moyenne de transit à travers le secteur ».

Pour finir, les résultats obtenus par l'application ont été comparé avec l'étude que nous avons effectuée du trafic aérien. Cette comparaison a démontré la précision des résultats obtenus grâce à notre application.

Les Références :

- [1] : Document OACI CNS/ATM.
- [2] : Document OACI 4444, Procédures pour les services de navigation aérienne ; « Gestion du trafic aérien », Quinzième édition — 2007 Chapitre 1 définitions.
- [3] : Annexe 11 de l'OACI, « Service de la Circulation Aérienne », quinzième édition
Juillet 2018.
- [4] : Kaci.R,Mansour.N.(2022).Estimation de la capacité d'un secteur de contrôle aérien.
- [5] : Cour de circulation aérien monsieur El Aichi 2019.
- [6] : Cour ATFM madame Selma kalil.
- [7] : Site Officiel de l'OACI <https://www.icao.int/environmental-protection/SAC/Pages/Eurocontrol.aspx> Eurocontrol.
- [8] : Doc CCR (Centre de Control Régional) ATFM Monsieur Khelifaoui Ahcene.
- [9] : guide technique de la direction générale de l'aviation civil la capacité aéroportuaire juillet 2018.
- [10] : Kaci,R.Mansour,N.(2020).Estimation de la capacité d'un secteur de contrôle aérien. Page 12.
- [11] : site officiel de l'ENNA WWW.ENNA.DZ consulté avril 2023.
- [12] : Chapitre DAAG Page 13.
- [13] : site officiel de l'aéroport d'Alger : <http://www.egsa-alger.dz> consulté mars 2023.
- [14] : MANEX (manuel d'exploitation des services de la circulation aérien), chapitre II: renseignements sur le site SCA page 2-6

- [15] : MANEX, chapitre III : Moyens page 3-22.
- [16] : Station météorologie de Dar el Beida, service climatologie.
- [17] : Manuel qualif contrôle radar DAAG (ENNA) page 90-126, 2018.
- [18] : parvenus par un contrôleur d'aérodrome de Qatar.
- [19] : Document OACI 9694, « Manual of air Traffic services Data Link application », première édition 1984 deuxième partie section 01 chapitre 01 Appendice C techniques d'estimation de la capacité d'un secteur ou d'un poste de travail ATC.
- [20] : Jerry D. Welch, John W. Andrews, Brian D. Martin, « Macroscopic workload model for estimating en route sector capacity », M.I.T. Lincoln Laboratory, Lexington.
- [21] : Service de taxation DSA Alger.
- [22] : Document 4444, Procédures pour les services de navigation aérienne ; « Gestion du trafic aérien », Quinzième édition — 2007 Chapitre 5.
- [23] : Service de taxation de CCR (Centre de Control Régional).
- [24] : DSA Alger service approche.
- [25] : parvenus par des contrôleurs d'Alger

