

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1



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

ETUDE ET CALCUL DE LA CAPACITE PISTE
AEROPORT DE CONSTANTINE « MOHAMED BOUDIAF »

Fait par :

- **AZIZI Hicham**
- **ZELLAGUI Mouatez Billeh**

Dirigés par :

- **Mr. DRIOUCHE**

Blida, Octobre 2015

Résumé

Notre étude consiste à faire une évaluation de la capacité aéroportuaire de l'aéroport de Constantine « Mohamed Boudiaf » coté piste et parking, nous avons procédé d'abord une présentation de l'aéroport de Constantine et une prévision du trafic en utilisant la méthode de régression simple et cela pour prévoir le nombre de mouvements avions et de passagers futures.

A l'étude des capacités pistes « capacité arrivé-capacité départ », en prenant en considération les différentes vitesses d'approche, minima d'espace dû à la turbulence de sillage, séparation radar, temps d'occupation de piste à l'arrivée et au départ, pour les différentes catégories d'aéronefs.

La détermination des cadences élémentaires et moyennes, et enfin le calcul des capacités horaires (arrivée, départ, mixte).

A déterminer la capacité parking « capacité théorique-capacité opérationnelle », et cela en prenant en considération les différents types de postes de stationnement (chaque catégorie d'aéronefs a une poste de stationnement spécifique), le temps de traitement de chaque type d'appareil, le coefficient d'utilisation des poste.

المخلص

تتمثل دراستنا حول تحديد قدرة استيعاب المطار الدولي محمد بوضياف بقسنطينة فيما يخص حركة الطائرات على المدرج حيث بدأنا بتقديم مختلف المعلومات الهامة حول هذا المطار ثم قمنا بعدها بعمليات حسابية للتنبؤ بالحركة وهذا بالنسبة لحركة الركاب والطائرات، وفي دراسة قدرة حركة السير على المدرج < ذهاب-إياب > أخذنا بعين الاعتبار مختلف سرعات الاقتراب والمسافات الفاصلة للطائرات بالنسبة للدوامة الهوائية، التباعد بالرادار، مدة اشتغال المدرج في الذهاب والاياب لمختلف فئات الطائرات. تحديد التواتر الأحادي والمتوسط للطائرات لحساب القدرة الساعية (ذهاب-إياب-ذهاب واياب) ثم قمنا بتحديد قدرة استيعاب المرآب < النظرية والعملية > بأخذ بعين الاعتبار أنواع مراكز التوقف، مدة المعالجة لكل طائرة ومعامل استعمال المركز.

Summary

Our study is to make an assesment of Constantine 'Mohamed Boudiaf' airport capacity of airside and parking, we first processed a presentation of the airport and traffic forecasting using the method of simple regression to predict the number of aircraft movements and passengers futur.

A study of the tracks capacity 'capacity arrival capacity departure 'taking into account the different approach speed, separation minima due to wake turbulence ,radar separation , runway occupancy time on arrival and departure for the different categories of aircraft .

The determination of elementary and middle pace, and finally the calculation of hourly capacity (arrival, departure, mixed).

To determine the capacity of the parking 'operational capacity-theoretical capacity' and that taking into account the different types of stands (each aircraft category for a specific parking position), the processing time for each type of device, the coefficient for position.

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, je remercie mon promoteur MR DRIOUACHE pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

A mon honorable professeur, MR Abdelouahab' vifs remerciements à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation

Mes vif remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions et remarques que j'aurai plaisir à partager et discuter avec eux.

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.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- ✚ A ma très chère mère. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*
- ✚ A mon très cher père, pour tous les efforts et les sacrifices que tu n'as jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*
- ✚ A mes petits frères Khaled et Mohamed anise ..., avec tous mes vœux de réussite.*
- ✚ A ma grande sœur Nadia*
- ✚ A ma petite sœur Ferial, Abla et Malika*
- ✚ A mes chers grands –mères. 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 Mon cher ami et binôme Mouatez billeh zellagui et sa famille*
- ✚ A tous mes amie : Samir, Fawzi, Nasro, Lyes, Fouad et et tous ceux qui me sont chers. A eux tous, je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès.*

À ma famille

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ *A ma très chère mère. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*
- ❖ *A mon très cher père, pour tous les efforts et les sacrifices que tu n'as jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*
- ❖ *A mes grandes frères **Salim et Hamid, Chouiab...**, avec tous mes vœux de réussite*
- ❖ *A ma petite sœur **KANZA***
- ❖ *A mes petits frères **Oussama et Aymen***
- ❖ *A Mon cher ami et binôme **AZIZI HICHEM** et sa famille*
- ❖ *A tous mes amies :*
- ❖ ***Sofyan, Mekki, Najib, Lyess Foued, Fatah, Faysal, hamza, Samir, hako, nassro** et tous ceux qui me sont chers. A eux tous, je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès.*

MOUATEZ...

TABLES DES MATIERS

Liste des figures	10
Liste des tableaux.....	12
Introduction générale	14
Chapitre I : Généralités sur les Aéroports.	
I.1 Définitions et Généralités Sur Les Aéroports	15
I.1.1 Aérodrome	15
I.1.2 Les Chaussées Aéronautiques	15
I.1.2.1 Chaussées Souples	15
I.1.2.2 Chaussées Rigides	16
I.1.3 La Piste	16
I.1.4 Prolongement D'arrêt(Swy)	16
I.1.5 Prolongement Dégagé(Cwy)	16
I.1.6 Raquette De Retournement	17
I.1.7 Les Voies De Circulation D'avions Et Leurs Bandes	17
I.1.8 L'aire De Trafic	18
I.2 Présentation De L'ENNA	21
I.2.1 Introduction	21
I.2.2 Les Missions De L'ENNA	21
I.2.2 L'organisation De L'ENNA	23
I.2.3.1 Direction De L'exploitation De La Navigation Aérienne	24
I.2.3.2 département de la circulation aérienne	24
I.2.3.3 Le Service Des Etudes Et De Développement	25
I.2.3.4 Le Service De Contrôle Et De Coordination	25
I.3 Présentation De L'aéroport De Constantine	26
I.3.1 Renseignements Générales Sur L'aéroport De Constantine.....	26
I.3.2 Infrastructure Liée A L'aéroport De Constantine	27
I.3.2.1 Les Pistes	27
I.3.2.1.1 piste Principale : 16/34	27
I.3.2.1.2 Piste Secondaire 14/32	28
I.3.3 Les Instruments De Radionavigation	29
I.3.4 Les Voies De Circulation	29
I.3.5 Les Aires De Stationnement	30
I.3.6 L'aérogare Passagers	30

TABLES DES MATIERS

I.3.5 Type De Trafic Fréquentant L'aéroport De Constantine	30
I.3.6 Les Compagnies Desservant L'aéroport De Constantine	31
Chapitre II : La capacité aéroportuaire.	
II.1 Introduction	32
II.2 La capacité aéroportuaire	32
II.2.1 Définition générale	32
II.2.2 Capacité technique	32
II.2.3 Capacité déclarée	34
II.2.3.1 Définition de la capacité déclarée	34
II.2.4 Capacité annuelle	34
II.2.4.1 Capacité annuelle pour les mouvements	34
II.2.4.2 Capacité annuelle pour les passagers	34
II.3 Paramètres majeurs qui influent sur la capacité	34
II.3.1 Côté piste	34
II.3.1.1 Analyse des facteurs de premier ordre	36
II.3.1.1.1 Facteurs de premier ordre du système de pistes	36
II.3.1.1.1.1 Les facteurs de premier ordre pour une séquence d'avions atterrissant ...	37
II.3.1.1.1.1.1 L'influence de l'infrastructure et des performances des avions (détermination du temps d'occupation de piste (TOP)).....	37
II.3.1.1.1.1.2 Influence des procédures et des caractéristiques des avions détermination de la fréquence d'atterrissages pour une piste	40
II.3.1.1.1.1.2.1 Cas général	40
II.3.1.1.1.2 Facteurs de premier ordre pour une séquence d'avions qui décollent	41
II.3.1.1.1.2.1 Influence de l'infrastructure et des performances des avions au décollage : détermination du temps d'occupation de piste (TOP)	41
II.3.1.1.1.2.2 L'influence des procédures et des performances des avions qui décollent : détermination de la fréquence de décollage	43
II.3.1.1.1.2.2.1 Cas général	43
II.3.1.1.2 Facteurs de premier ordre pour un mélange d'atterrissages et de décollages	44
II.3.1.1.2.1 Pour une piste unique	45
II.3.1.1.2.2 Pour des pistes parallèles en mode banalisé ou en mode spécialisé	45
II.3.1.1.2.3 Pour un doublet de pistes parallèles rapprochées	45
II.3.1.1.3 Facteurs de premier ordre des voies de circulation	45

TABLES DES MATIERS

II.3.1.1.3.1 Influence de l'infrastructure et des performances des avions : détermination du temps d'occupation de la voie de circulation	45
II.31.1.3.2 Influence des procédures et des performances des avions : détermination de la fréquence d'utilisation de la voie de circulation	46
II.3.1.1.4 Facteurs de premier ordre des postes de stationnement	46
II.3.1.1.4.1 Influence de l'infrastructure et des performances des avions : détermination du temps d'occupation des postes de stationnement	46
II.4 Facteurs qui influent sur la capacité annuelle en mouvements	46
Chapitre III : prévision de trafic	
III.1 Méthode de prévision du trafic	48
III.1.1 détermination des coefficients de régression	48
III.1.2 détermination du (degré d'ajustement)	49
III.2. prévision du trafic passager	51
III.3 prévision du trafic avion	61
III.4 analyse des données	63
Chapitre IV : Etude et calcul de la capacité piste de l'aéroport de Constantine	
Introduction	64
PARTIE A : Minima d'espacement et vitesse d'approche	
IV.A.1 Introduction.....	65
IV.A.2 Minima d'espacement dus aux turbulences de sillage.....	65
IV.A.2.1 Minima d'espacement entre deux arrivées dus aux turbulences de sillage...	65
IV.A.2.2 Minima d'espacement entre deux départs dus aux turbulences de sillage...	66
IV.A.3 Vitesse d'approche	66
IV.A.4 Scénario piste	67
IV.A.5 distance entre les seuils des pistes et vois de sortie	68
IV.A.6 Temps d'occupation de piste	68
IV.A.6.1 Temps d'occupation de piste départ	68
IV.A.6.1.1 le décollage est dans l'axe de piste	70
IV.A.6.1.2 virage de dégagement avant l'extrémité de piste	70
IV.A.6.2 Temps d'occupation de piste à l'arrivée.....	71
PARTIE B : Les Cadences	
IV.B.1 Cadences élémentaires.....	75
IV.B.1.1 Calcul des cadences élémentaires à partir des procédures.....	75
IV.B.1.1.1 Cadences élémentaires 'arrivée - arrivée'	75

TABLES DES MATIERS

IV.B.1.1.2 Cadences élémentaires 'arrivée - départ'	78
IV.B.1.1.3 Cadences élémentaires 'départ - arrivée'	78
IV.B.1.1.4 Cadences élémentaires 'départ - départ'	78
IV.B.2 Cadences moyennes	79
IV.B.3 Application	80
IV.B.3.1 Calcul des cadences élémentaires (Application sur la piste 16/34)	80
IV.B.3.2 Cadences moyennes de la piste 34.....	81
IV.B.3.3 Calcul des cadences élémentaires (Application sur la piste 14/32).....	84
IV.B.3.4 Cadences moyennes de la piste 32.....	85
PARTIE C: Méthodes de calcul des capacités	
IV.C.1 Arrivée prioritaire vue A et D.....	87
IV.C.2 Départ prioritaire vue D et A	90
PARTIE D : Calcul des capacités horaires	
IV.D.1 Application	94
IV.D.2 Application sur la piste 16 / 34.....	94
IV.D.2.1 Arrivée prioritaire vue A et D	94
IV.D.2.2 Départ prioritaire vue D et A	97
IV.D.3 Application pour la piste 14/32	99
IV.D.3.1 Arrivée prioritaire vue D et A	100
IV.D.3.2 Départ prioritaire vue D et A	102
PARTIE E : Calcul capacités parking	
IV.E.1 introduction	106
IV.E.2 Aires de stationnement	106
IV.E.3 Calcul de la capacité théorique ou maximale	106
IV.E.3.1 Calcul de la capacité théorique C_t	107
IV.E.3.2 Calcul de la capacité opérationnelle C_o	107
IV.D.3.3 Récapitulation des résultats	108
Conclusion générale	109
Bibliographie	110
ANNEXES	111
Liste des abréviations	114

LISTE DES FIGURE

Liste des figures « chapitre I »	
Figure (I-1) différentes couches de matériaux Chaussées souples	15
Figure (I-2) Les différentes couches de matériaux Chaussées	16
Figure (I-3) La piste, ses bandes et ses prolongements.....	17
Figure(I.4) : Aéroport de Lille - Lesquin. Raquette de retournement au seuil 08	17
Figure (I-5) voies de circulation.	18
Figure (I-6) aire de trafic.....	18
Figure (I-7) aire de trafic d'aérogare de fret.....	20
Figure (I-8) aire d'entretien.....	20
Figure (I-9) structure de l'organisation de l'ENNA.....	23
Figure (I-10) structure de l'organisation de l'ENNA.....	24
Figure (I-11) : vue par satellite de l'aéroport de Constantine.....	26
Figure (I-12) : Orientation des pistes de l'aéroport de Constantine.....	27
Liste des figures « chapitre II »	
Figure (II-1) : mouvement d'avion dans l'aéroport.....	33
Figure (II-2) Delay as a function of capacity and demand.....	33
figure (II-3) les facteurs qui influent sur la capacité.....	35
Figure (II-4) une séquence d'avion qui décolle.....	37
Figure (II-5) les pistes sécantes de l'aéroport saint Denis.....	37
Figure (II-6) la décomposition du temps d'occupation de piste à l'arrivée (1er cas)	38
Figure (II-7) la décomposition du temps d'occupation de piste à l'arrivée (2 ^{eme} cas)	39
Figure (II-8) la décomposition du temps d'occupation de piste pour 1 ^{er} cas	41
Figure (II-9) la décomposition du temps d'occupation de piste pour le 2 ^{eme} cas...	42
Figure (II-10) la capacité horaire d'une journée.....	47
Liste des figures « chapitre III » :	
Figure (III.1) : observation réelles et courbe de régression linière simple	50
Figure (III-2) : (graphe trafic pax domestique « Arrivée et départ »).....	53
Figure (III-3) : (graphe trafic pax domestique « départ »).....	53
Figure (III-4) : (graphe trafic pax domestique « Arrivée »).....	53
Figure (III-5) : (graphe trafic pax International « Arrivée et départ »).....	56
Figure (III-6) : (graphe trafic pax International « départ »)	56
Figure (III-7) : (graphe trafic pax International « arrivée »)	56
Figure (III-8) : Graphe trafic pax International + domestique « arrivée et départ ».	59
Figure (III-9) : Graphe trafic pax International + domestique « départ ».....	59
Figure (III-10) : Graphe trafic pax International + domestique « arrivée ».....	59
Figure (III-11) : Graphe trafic mouvement avion domestique.....	61
Figure (III-12) : Graphe trafic mouvement avion International.....	63
Liste des figures « chapitre IV » :	
Figure (IV-01) Schéma de principe de calcul de TOP en cas de départ.....	69
Figure (IV-02) Schéma de principe de calcul de TOP en cas d'arrivée	72

LISTE DES FIGURE

Figure (IV-03/A) Diagramme temps-distances (cas d'une piste unique).....	76
Figure (IV-03/B) Diagramme temps-distances (cas d'une piste unique).....	77
Figure (IV-04) Diagramme distance-temps pour arriver prioritaire vue A et D.....	88
Figure (IV-05) Diagramme distance-temps pour départ prioritaire vue D et A.....	92

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux chapitre « I »	
Tableau(I.1) : les aides de radionavigation et d’atterrissage	29
Tableau(I.2) : les différentes compagnies desservant l’aéroport de Constantine.....	31
Liste des tableaux « chapitre II » :	
Tableau (II-1) les minima d’espace des turbulences de sillage.....	40
Tableau (II-2) les minima d’espace des turbulences de sillage.....	40
Tableau (II-3) les minima d’espace au départ.....	43
Liste des tableaux « chapitre III » :	
Tableau (III.1) : trafic domestique « pax »	52
Tableau (III.2) : (trafic International « pax »).....	55
Tableau (III.3) : (trafic International + domestique « pax »).....	58
Tableau (III.4) : (trafic domestique « avion »).....	61
Tableau (III.5) : trafic International « avion ».....	62
Liste des tableaux « chapitre IV »:	
Tableau (IV-01) Minima d’espace entre deux arrivées dus aux (TDS) en seconde	65
Tableau (IV-02) Minima d’espace entre deux arrivées dus aux (TDS) en NM.....	65
Tableau (IV-03) Minima d’espace entre deux départs dus aux (TDS) en secondes	66
Tableau (IV-04) Vitesse moyenne en finale en kts.....	66
Tableau (VI, 05) les différents scénarios sur les 2 pistes.....	67
Tableau (VI, 06) les différent distance entre le seuil d’exploitation et les bretelles de sortie	68
Tableau (IV-07) Valeurs du TOP Si le décollage est dans l'axe de piste.....	70
Tableau (IV-08) Valeurs du TOP Si le décollage est dans l'axe de piste.....	70
Tableau (IV-09) Valeurs du TOP Si virage de dégagement avant l'extrémité de piste..	71
Tableau (IV-10) Valeurs du TOP Si virage de dégagement avant l'extrémité de piste..	71
Tableau (IV-11) le TOP à l’arrivée pour la piste 32.....	73
Tableau (IV-12) le TOP à l’arrivée pour la piste 34.....	74
Tableau (IV-13) Vitesse moyenne en finale en kts.....	80
Tableau (IV-14) présentation de la journée type.....	82
Tableau (IV-15) les catégories d’avion de la journée type.....	82
Tableau (IV-16) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ de type k	95
Tableau (IV-17) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	95
Tableau (IV-18) valeurs des cadences élémentaires ‘départ de type k-arrivée de type j	95
Tableau (IV-19) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	96
Tableau (IV-20) valeurs d’intervalle de temps ou on peut insérer les départs.....	96
Tableau (IV-21) valeurs des cadences élémentaires ‘départ de type i-arrivée de type k	97
Tableau (IV-22) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	97
Tableau (IV-23) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type k-départ de type j	98
Tableau (IV-24) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	98
Tableau (IV-25) valeur d’intervalle ou on peut insérer des arrivées’.....	98
Tableau (IV-26) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ de type k	100
Tableau (IV-27) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	100
Tableau (IV-28) valeurs des cadences élémentaires ‘départ de type k-arrivée de type j	101
Tableau (IV-29) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	101
Tableau (IV-30) valeur d’intervalle de temps ou on peut insérer les départs.....	101
Tableau (IV-31) valeurs des cadences élémentaires ‘départ de type i-arrivée de type k	103

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (IV-32) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	103
Tableau (IV-33) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type k-départ de type j	103
Tableau (IV-34) valeurs des cadences élémentaires ‘arrivée de type i-départ «moyen»	103
Tableau (IV-35) valeur d’intervalle ou on peut insérer des arrivées’	104
Tableau (IV-36) nombre des postes et temps de traitement par type d’aéronef	106
Tableaux (IV-37) récapitulation des résultats	108

INTRODUCTION GENERALE

Pour connaître le trafic qui peut être traité par un aéroport, il est nécessaire de déterminer sa capacité, ce dernier est une donnée capitale aussi bien pour le gestionnaire de l'aéroport, que pour les compagnies aériennes. C'est à partir de cette donnée et au cours de ce type d'étude que pourront être déterminés, les dimensions des infrastructures par rapport au trafic, les prévisions de saturation des infrastructures ainsi que leurs optimisation.

Dans ce projet nous allons étudier la capacité des pistes de l'aéroport de Constantine 'Mohamed Boudiaf' qui est le troisième après l'aéroport d'Alger et Hassi Massoud par son trafic, et avec l'ouverture de nouvelle aérogare passagers qui a une capacité d'un million de passagers par an ce qui conduit à une augmentation de nombre des avions sur la plate-forme aéroportuaire (pistes et parking).

Afin d'éviter le problème de saturation des piste ou parking nous allons fait une prévision de trafic pour détermine la capacité piste et parking en déterminant le nombre de mouvement avion (arrivée-départ), qu'une piste peut recevoir par unité de temps (heur), et le nombre de poste de stationnement pour les différentes catégories d'aéronef.

Cette étude est constituée de quatre chapitres : le premier chapitre est consacré pour les généralités et présentation de l'aéroport, dans Le deuxième chapitre nous donnerons une vue globale sur la capacité aéroportuaire, en présentant les capacités techniques, les capacités déclarées et horaires, ainsi que les paramètres majeurs qui influent sur la capacité.

Dans le troisième chapitre nous présenterons l'évaluation et prévision du trafic « passagers (pax) et avion » et le quatrième chapitre nous étudierons la capacité piste et parking, en passant par le calcul des minimas d'espacement, des vitesses d'approche, des cadences, de la capacité horaire, capacité parking, et nous terminerons par une conclusion.

CHAPITRE I

I.1 Définitions et généralités sur les aéroports :

I.1.1 Aérodrome :

L'aérodrome est définie comme tout terrain ou plan d'eau spécialement aménagé pour l'atterrissage, le décollage et les manœuvres des aéronefs y compris les installations annexes qu'il peut comporter pour les besoins du trafic et le service des aéronefs. Comme ils sont organisés autour d'une ou plusieurs pistes, dont les orientations sont, sauf obstacles dus à la topographie et à l'environnement, déterminées par la répartition des vents.

I.1.2 Les chaussées aéronautiques

Les chaussées aéronautiques représentent l'ensemble des aires sur lesquelles circulent, manœuvrent et stationnent des avions et on distingue principalement deux types de chaussées les **chaussées souples** et les **chaussées rigides**.

Par le jeu des renforcements successifs, d'autres cas complexes se présentent (couches bitumineuses sur dalles en béton, superposition de dalles de béton). [14]

I.1.2.1 Chaussées souples

On appelle chaussées souples, les chaussées constituées principalement de couches de matériaux traités aux liants hydrocarbonés (matériaux bitumineux) qui reposent sur des couches de matériaux non traités.

Le dimensionnement de ce type de chaussées est basé sur l'hypothèse que l'endommagement de la chaussée proviendrait de la rupture du sol support.



Figure : (I.1) les différentes couches de matériaux Chaussées souples

I.1.2.2 Chaussées rigides

On appelle chaussées rigides, des chaussées comportant en couche supérieure des matériaux traités au liant hydraulique (béton de ciment essentiellement).

La nature du béton hydraulique fait que la rigidité des dalles qui constituent la partie supérieure de la Chaussée protège le sol support des sollicitations mécaniques. La rupture de la chaussée s'amorce en premier lieu dans la dalle par excès de contraintes.

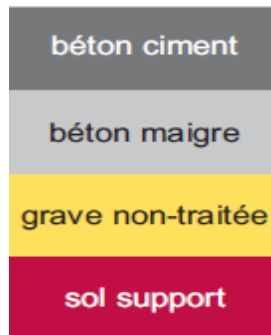


Figure (I ; 2) Les différentes couches de matériaux Chaussées rigides

L'ACN (**Aircraft Classification Number**) est un nombre exprimant l'effet d'un avion de type donné sur une chaussée de type donné (souple ou rigide).

Le PCN (**Pavement Classification Number**) est un nombre exprimant la portance d'une chaussée donnée.

Le principe général de cette méthode est le suivant :

Un avion dont l'ACN est inférieur ou égal au PCN d'une chaussée peut utiliser cette chaussée sans autre restriction que celle pouvant être liée à la pression de ses pneumatiques. [14]

I.1.3 La Piste

Aire rectangulaire définie, sur un aérodrome terrestre, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs.

I.1.4 Prolongement d'arrêt(SWY):

Aire rectangulaire définie au sol à l'extrémité de la distance de roulement utilisable au décollage, aménagée de telle sorte qu'elle constitue une surface convenable sur laquelle un aéronef puisse s'arrêter lorsque le décollage est interrompu. [01]

I.1.5 Prolongement dégagé(CWY) :

Aire rectangulaire définie, au sol ou sur l'eau, placée sous le contrôle de l'autorité compétente et choisie ou aménagée de manière à constituer une aire convenable au-dessus de laquelle un avion peut exécuter une partie de la montée initiale jusqu'à une hauteur spécifiée.

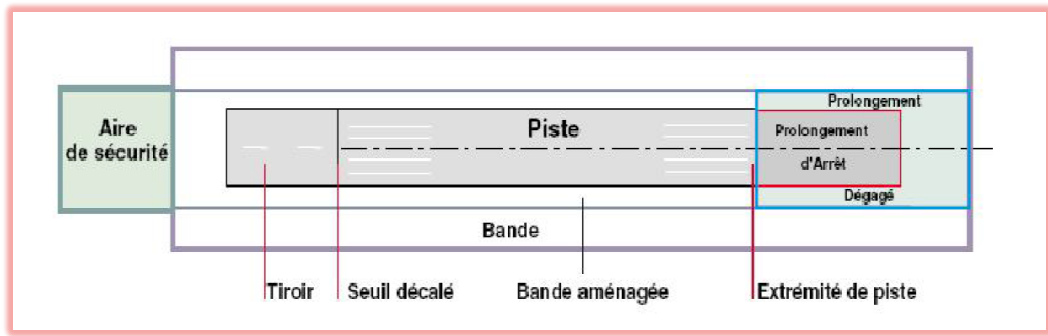


Figure (I-3) La piste, ses bandes et ses prolongements.

I.1.6 Raquette de retournement :

L'objet d'une telle raquette est donc de permettre à un avion donné de faire demi-tour sur la piste et de se retrouver aligné sur l'axe de celle-ci, en perdant le moins possible de longueur de piste, si cette manœuvre précède un décollage. (Aire de manœuvre géométrie RWY page 29 chapitre 3 –ITAC DECEMBRE 1998)



Figure(I.4): Aéroport de Lille - Lesquin. Raquette de retournement au seuil 08

I.1.7 Les voies de circulation d'avions et leurs bandes

Voies définies sur une aire de manœuvre, aménagées pour assurer la sécurité et la rapidité des mouvements des aéronefs. On distingue généralement sur ces voies de circulation :

→ **Bandes de voies de circulation:**

Une voie de circulation est comprise dans une bande ;

→ **L'entrée-sortie de piste:**

Permettant aux aéronefs d'accéder à la piste ou de la quitter ;

→ **Voies de relation:**

Permettant le déplacement des aéronefs entre les entrées-sorties de piste et les aires de trafic ;



Figure (I-5) voies de circulation.

→ Voie de sortie rapide

Voie de circulation raccordée à une piste suivant un angle aigu et conçue de façon à permettre à un avion qui atterrit de dégager la piste à une vitesse plus élevée que celle permise par les autres voies de sortie, ce qui permet de réduire au minimum la durée d'occupation de la piste.

I.1.8 L'aire de trafic



Figure (I-6) aire de trafic

C'est l'aire définie sur un aérodrome terrestre destinée à recevoir les aéronefs pendant les opérations d'escale et plus généralement de la mise en condition de ceux-ci entre deux vols, pour l'embarquement ou le débarquement des passagers, le chargement ou le déchargement des marchandises et du courrier postal transporté par air aussi pour l'avitaillement en carburant; et qui comprend :

a) Les voies de circulation d'aire de trafic

C'est une partie d'un réseau de voies de circulation qui est située sur une aire de trafic et destinée à matérialiser un parcours permettant de traverser cette aire. Cette partie contient :

- **Les voies de desserte**

Les voies de relation deviennent des voies de desserte lorsqu'elles bordent ou traversent les aires de stationnement. Elles font alors partie de l'aire de trafic et désignées comme voies de circulation et destinées seulement à permettre l'accès à un poste de stationnement d'aéronef ;

- **Voie de service:**

Route de surface aménagée sur l'aire de trafic et destinée à l'usage exclusif des véhicules ;

- **Point d'attente sur voie de service:**

Point déterminé où les véhicules peuvent être enjointes d'attendre.

b) Les aires de stationnement (les postes de stationnement)

Emplacements désignés sur une aire de trafic destinés à être utilisés pour le stationnement des aéronefs.

c) L'aire de trafic d'aérogares passagers:

C'est une aire désignée pour la manœuvre et le stationnement des avions, sur laquelle les passagers effectuent leur embarquement et leur débarquement. Cette aire peut également être utilisée pour l'avitaillement ou l'entretien des avions y stationnant ainsi que pour y charger et décharger le fret, la poste et les bagages.

d) L'aire de trafic d'aérogare fret

C'est une aire destinée au stationnement des avions pendant les périodes où ils ne sont pas utilisés commercialement. Elle est prévue pour des avions ne transportant que du fret ou de la poste



Figure (I-7) aire de trafic d'aérogare de fret

e) L'aire d'entretien :

Elle est aménagée sur les grands aérodromes commerciaux en tête de ligne, sur laquelle les transporteurs aériens choisissent d'installer leurs services d'entretien. La conception de cette aire est naturellement à examiner en liaison avec ces services.



Figure (I-8) aire d'entretien

I.2 PRESENTATION DE L'ENNA :

I.2.1 Introduction :

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

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

- Ministère des transports
- L'institut de l'aéronautique et des études aérospatiales
- Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).
- AEFMP : organisation régionale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc et le Portugal.
- ASECNA : agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar.
- EUROCONTROLE : organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne
- Ecole nationale de l'aviation civile de Toulouse (ENAC).

I.2.2 LES MISSIONS de l'ENNA :

Les principales missions de l'établissement :

- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relative à la circulation en vol et au sol des aéronefs, l'implantation des aérodromes et les installations relevant de sa mission.
- Dans le cadre sa mission, participer à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aérodromes ; établir les plans des servitudes aéronautiques et radioélectriques en coordination avec les autorités concernées. Veiller à leur application.
- Assurer l'installation et la maintenance des moyens de télécommunications, de radionavigation, d'aide à l'atterrissage, des aides visuelles et des équipements annexes.

- Contrôler la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien qu'ils soient en survol, à l'arrivée sur les aérodromes ou au départ de ces derniers.
- Assurer la sécurité de la navigation dans l'espace aérienne national (relevant de la compétence de l'Algérie) ainsi qu'au-dessus et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique(CAP).
Diffuser l'information aéronautique(en vol et au sol) et météorologique nécessaires à la navigation aérienne.
- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre incendies sur les plates-formes aéroportuaires.
- Contribuer à l'effort du développement en matière de recherches appliquées dans les techniques de la navigation aérienne.
- Concentrer, diffuser ou retransmettre au plan international les messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.
- Calibrer les moyens de communication, de radionavigation et de surveillance au moyen de l'avion laboratoire.

I.2.3 L'ORGANISATION DE L'ENNA :

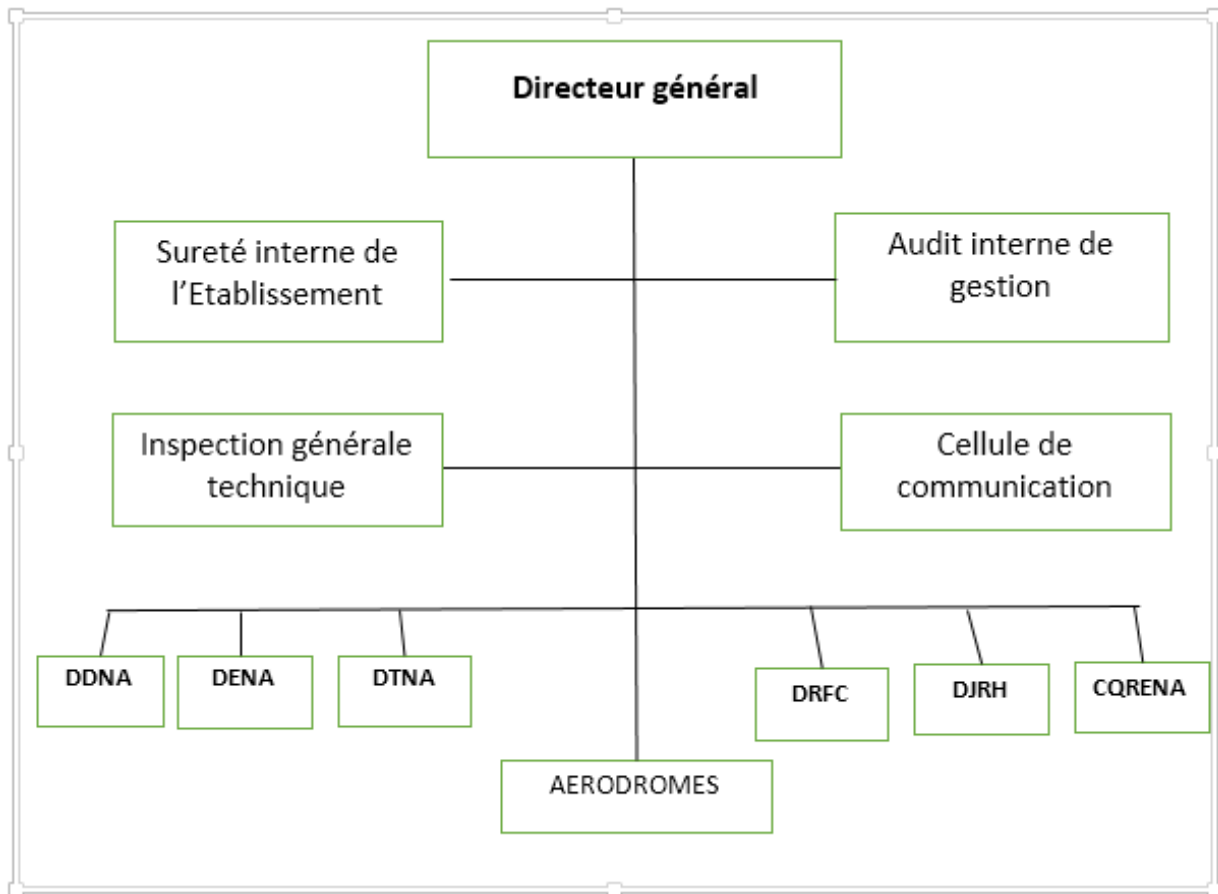


Figure (I-9) structure de l'organisation de l'ENNA

DDNA : Direction de Développement de la Navigation Aérienne

DENA : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne

DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne

DRFC : Direction des Ressources, finances et de la comptabilité.

DJRH : Direction Juridique et Ressources Humaine

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

AERODROME : directions de la sécurité Aéronautique.

I.2.3.1 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne :

La direction d'exploitation de la navigation aérienne (DENA) est chargée d'assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne, de veiller à la bonne gestion technique au niveau des aérodromes. Ses principales missions se résument comme suite :

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

La direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne se compose de six (06) départements et d'un centre de contrôle régional :

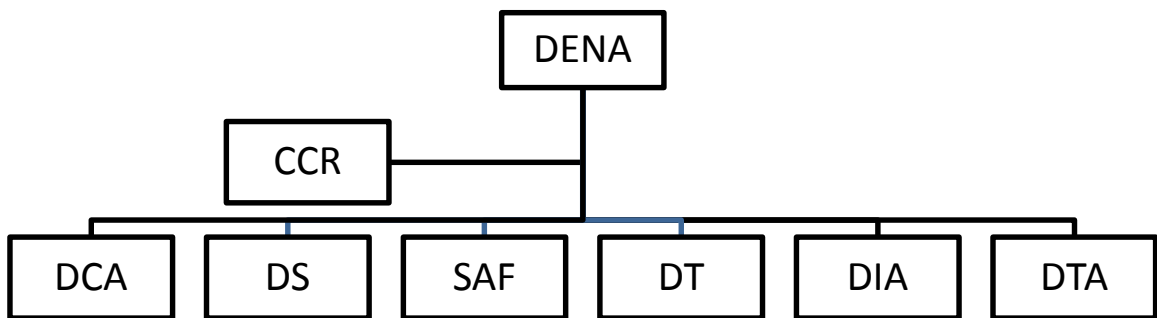


Figure (I-10) structure de l'organisation de l'ENNA

DCA : Département Circulation Aérienne.

DS : Département Système.

DAF : Département Administration et finances.

DT : Département technique.

DIA : Département Information Aéronautique.

DTA : Département Télécommunication Aéronautique.

CCR : Centre de Contrôle régionale.

I.2.3.2 Département de la circulation aérienne

Le Département de la circulation Aérienne(DCA) est chargé du contrôle et de la coordination des différents aérodromes et des centre de contrôle (régionale, approche, TWR) ainsi que des études liée au département de la navigation aérienne conformément aux normes de l'OACI.

Au sein de ce département on trouve deux services :

SED : Service Etudes et Développement

SCC : Service Contrôle et Coordination

I.2.3.3 Le service des Etudes et de développement :

Ces services est chargé des taches suivantes :

- Elaboration de plans des servitudes aéronautique et des dégagements des aérodromes.
- Etude des obstacles à la navigation aérienne.
- Elaboration des cartes d'obstacles d'aérodrome.
- Etude des schémas de la circulation aérienne.
- Conception des procédures des départs et des arrivées aux instruments (SID et STAR) pour les services de contrôle d'approche.
- Conception des procédures d'approche aux instruments (classique, précision, et à vue) pour l'ensemble des aérodromes.
- Mise à jour de l'AIP Algérie selon les informations aéronautiques émanant de la Direction Sécurité d'Aérodromes (DSA).
- Examen des dossiers de l'homologation des pistes des aérodromes.
- Etudes de la circulation aérienne au niveau des aérodromes.
- Choix de site pour l'installation et le déplacement des moyens de radionavigation.
- Participation aux projets concernant le développement des moyens de la navigation aérienne (RVSM, l'exploitation de la catégorie 3 à l'aéroport d'Alger, le contrôle radar, etc...)
- Traitement des données statistiques de trafic aérien pour les besoins des études.

I.2.3.4 Le Service de Contrôle et de Coordination :

Il assure les fonctions suivantes :

- ➔ Prise en charge le tenu à jour du fichier informatisé « l'état des aérodromes » relatif l'exploitation de l'ensemble des aérodromes sur le territoire national.
- ➔ Analyse des anomalies d'exploitation dans l'espace aérien relatives aux
- ➔ avis d'incidents, accidents, compte rendu d'irrégularité d'exploitation (AIR PROX, réclamation, déroutement, alertes, procédure et infraction) concernant les aéronefs set leurs équipages.
- ➔ Mise à jour et tenue de la réglementation en vigueur sur le plan national.
- ➔ Veille à l'application de la réglementation internationale de l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) concernant les aérodromes.

- Représentation de la Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA) auprès des services de recherche et de sauvetage des aéronefs en détresse (SAR).
- Inspection technique de tous les aérodromes sur le territoire national conformément à l'instruction de la Direction de l'Aviation Civile et de la Météorologie (DACM).

I.3 Présentation de l'aéroport de Constantine :

L'aéroport de Constantine est un aéroport international construit en 1943 pour l'armée américaine situé à 9 km de la ville de Constantine. [18]



Figure (I.11) : vue par satellite de l'aéroport de Constantine

I.3.1 Renseignement générale sur l'aéroport de Constantine :

- ✓ Nom de l'aérodrome : Constantine /Mohamed Boudiaf
- ✓ Code IATA : CZL
- ✓ Code OACI : DABC
- ✓ Pays : Algérie
- ✓ Ville desservie : Constantine
- ✓ Type d'aéroport : civile
- ✓ Gestionnaire : EGSA de Constantine
- ✓ Altitude : 706m /2316ft
- ✓ Température : 33.6 °C
- ✓ Latitude : 36° 17' 07'' N
- ✓ Longitude : 06° 37'09''E
- ✓ Déclinaison magnétique : 0°E(2005)
- ✓ Type de trafic autorisé : IFR/VFR

- ✓ Classification de l'espace aérienne : D [04]

I.3.2 Infrastructure liée à l'aéroport de Constantine :

I.3.2.1 Les pistes :

L'aéroport de Constantine dispose de deux pistes convergentes construites en dur la piste principale est en béton bitumineux et l'autre piste en asphalte, les deux piste sont des pistes des précisions et utilisés pour le décollage et l'atterrissage et desservie par un ILS catégorie I.

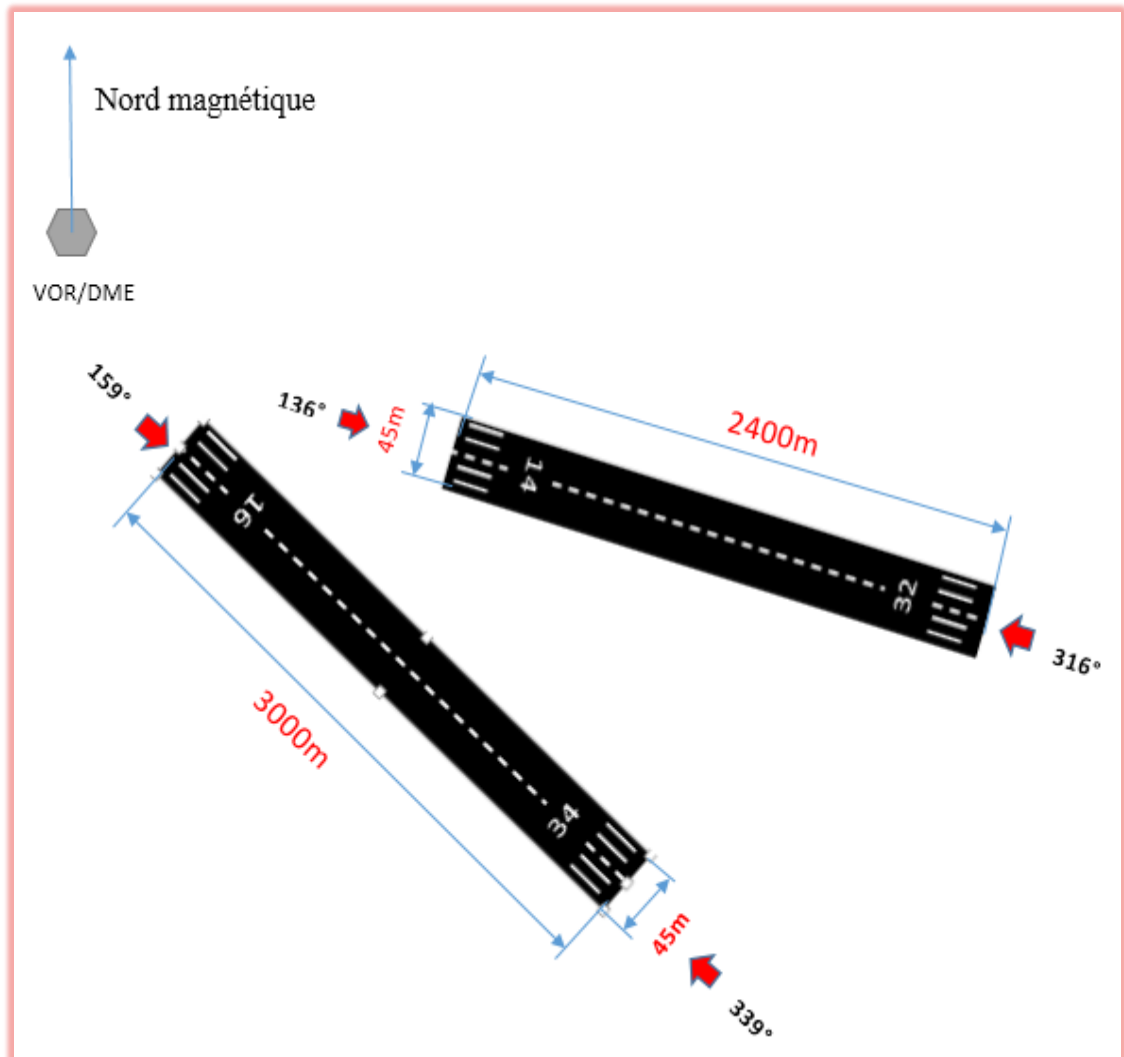


Figure (I.12) : vue par satellite de l'aéroport de Constantine

I.3.2.1.1 Piste principale : 16/34

C'est la piste la plus fréquentée qui caractérisée par :

- Dimension : 3000 m × 45 m
- Résistance (PCN) et revêtement de la piste et SWY : 93 F/D/W/T Béton bitumineux

- Dimension de bande : 3200 m × 300 m
- Dimension de SWY : 100 m × 45 m
- Pente de la piste et SWY : RWY 16 : 0 %
RWY 34 : 0,054 %
- Altitude de seuil : RWY 16 : 705 m
RWY 34 : 706 m

→ Les distances déclarées :

Au niveau de cette piste il y a un prolongement d'arrêt (stopway) mais pas de prolongement dégagé (clearway), donc les distances seraient comme suivantes :

- RWY16: TORA = TODA = LDA = 3000m ASDA = 3100m
- RWY34: TORA = TODA = LDA = 3000m ASDA = 3100 m

→ Le type de la piste :

La piste 16/34 c'est une piste de précision desservie par un ILS catégorie 1 destinée à l'approche avec une hauteur de décision au moins de 60m et avec une visibilité au moins est égale à 800m ; portée visuelle de piste au moins de 550m. [04]

I.3.2.1.2 Piste secondaire 14/32 :

Cette piste est caractérisée par :

- Dimension : 2400m×45m
- Résistance (PCN) et revêtement de la piste et SWY : 93 F/D/W/T Béton bitumineux Dimension de bande : 2600m×200m
- Dimension de SWY : 60m×45m
100m×45m
- Pente de la piste et SWY : RWY14 : -0,6%
RWY32 : +0,6%
- Altitude de seuil : RWY 14 : 702m
RWY 32 : 687m

→ Les distances déclarées :

Au niveau de cette piste il y a un prolongement d'arrêt (stopway) mais pas de prolongement dégagé (clearway), donc les distances seraient comme suivantes :

- RWY 14: TORA=TODA=LDA=2400m ASDA=2460m
- RWY 32: TORA=TODA=LDA=2400m ASDA =2500m

→ Le type de la piste :

La piste 16/34 c'est une piste de précision desservie par un ILS catégorie 1 destinée à l'approche avec une hauteur de décision au moins de 60m et avec une visibilité au moins est égale à 800m ;portée visuelle de piste au moins de 550m.

I.3.3 Les instruments de radionavigation :

Les aides de radionavigation qui sont sur l'aérodrome et au voisinage de l'aérodrome de Constantine et qui servent pour le guidage des avions au décollage et lors de l'atterrissage sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau(I.1) : les aides de radionavigation et d'atterrissage

Type d'aide CAT d'ILS/MLS VOR/ILS/MLS (pour Indiquer déclinaison)	Identification	Fréquences	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission
DVOR/DME (0°E 2005)	CSO	115.5 Mhz CH 102 X	361735.75N0063629.96 E
NDB	CNE	397 KHz	361125.09N 0064337.83E
LLZ32/ILS CAT I (0° E 2005)	CT	109.3	361710.09N 0063645.50E
GP 32		332 MHZ	361619.51N 0063753.27E
OM	2 traits/sec	75 MHZ	361325.46N 0064112.55E
LLZ34/ILS CAT I (0° E 2005)	CS	108.3 MHZ	361725.34N0063635.00 E
GP 34		334.1 MHZ	361553.42N 0063712.98E
DME/P	CS	CH 20X	361553.42N 0063712.98E

I.3.4 Les Voies de circulations :

Les voies de circulation sont un ensemble de voies reliant entre elles les différentes parties de l'aire de mouvement et permettant aux aéronefs de circuler de l'une à l'autre de ces parties ; elles sont construites généralement en bitume ou composées de plaques du béton et sont repérables par des signalisations de couleur bleue de bord et jaune dans l'axe .Sur l'aérodrome de Constantine on a quatre voies de circulation reliant les deux piste avec l'aire de trafic :

- Largeur : 23m
- Type de surface : béton bitumineux.
- Résistance : 93/F/D/W/T

I.3.5 Les aires de stationnement :

Sur l'aérodrome de Constantine on a un parking contient neuf postes de stationnement (appelés aussi tarmacs) sur l'aire de trafic destinés à être utilisé pour le stationnement des aéronefs ; construit en béton bitumineux.

I.3.6 L'aérogare passagers :

L'aéroport Mohamed Boudiaf de Constantine, possède actuellement 2 aérogares. L'aérogare principale a une capacité de 1 million de passagers et a été mise en service en juin 2013. L'ancienne aérogare internationale d'une capacité de 700 000 passagers va être rénovée et modernisée pour recevoir des vols domestiques, des vols charters ainsi que des vols de pèlerinages.

Le type de ces aérogares est linéaire c'est-à-dire les avions alignent le long de l'aérogare et en sont tous à proximité, l'embarquement est fait par bus. [18]

I.3.7 Type d'appareil fréquentant l'aéroport de Constantine :

L'aéroport de Constantine « Mohamed Boudiaf » est desservie par plusieurs types d'appareils : [13]

→ A109L	- C501
→ A139	- C525
→ A319	- C550
→ A320	- C56X
→ A332	- DH8B
→ A333	- DH8D
→ A343	- E120
→ AN12	- E50P
→ AN24	- F-27
→ AS355	- F2TH
→ ATR42	- FA50
→ AT43	- FK27
→ AT45	- GLF2
→ AT72	- GLF4
→ AT76	- GLF5
→ B190	- H25B
→ B206	- IL76

→ B350	- L410
→ B412	- LJ31
→ B736	- LJ35
→ B738	- LJ55
→ B763	- MD8 3
→ BE19	- M I17
→ BE20	- P06T
→ BE90	- PA38
→ C130	- PA4 2
→ C150	- PA44
→ C208	- PAY2
→ C25A	- PAY3
→ C295	- PC12
→ C340	- PRM1
→ SW3	- SW4

I.3.8 Les compagnies desservant l'aéroport de Constantine :

Tableau(I.2) : les différent compagnies desservant l'aéroport de Constantine

Air Algérie	National : Adrar, Alger, Béchar, Ghardaïa, Hassi Messaoud, Oran, Ouargla, Tamanrasset, Tindouf Internationale : Période estivale : Metz-Nancy, Toulouse
Aigle Azur	Bâle-Mulhouse, Lyon, Marseille, Paris-Orly
Jetairfly	Charleroi
Saudi Arabian Airlines	Charter : Djeddah
Tassili Airlines	Alger –Hassi Messaoud
Turkish Airlines	Istanbul-Atatürk

CHAPITRE II

II.1 Introduction :

La détermination des capacités aéroports est parmi les études techniques les plus essentiels et qui jouent un rôle très important dans la gestion et l'évolution des aéroports.

Nous définissons les différentes capacités, puis nous présenterons les paramètres qui influent sur la capacité coté piste, vois de circulation et aire de stationnement

Les paramètres sont classés en quatre groupes, allant du groupe de paramètre de premier ordre à celui de quatrième ordre. Ils reflètent leur niveau d'influence sur la capacité. Le groupe de premier ordre à une influence directe. Le groupe de deuxième ordre à une influence sur le groupe de premier ordre. Et ainsi de suite.

II.2 La capacité aéroportuaire

II.2.1 Définition générale

La capacité aéroportuaire est le nombre de demandes qui peut être traité pendant une période donnée par un ensemble d'installation(s) aéroportuaire(s) étant données une qualité de service retenue et la nature et le volume d'offres proposées par l'ensemble des acteurs impliqués.

II.2.2 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 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.

Le niveau de retard reflète la qualité du service. Il est déterminé localement sur chaque aéroport. Le retard évoqué dans cette définition est issu de la saturation de la piste. Les autres causes de retard (problèmes techniques, agents en escale, etc.) ne sont pas prises en compte. [15]



Figure (II-1) : mouvement d'avion dans l'aéroport

Les retards apparaissent lorsque le nombre horaire de mouvements d'avions à traiter devient supérieur à la capacité horaire technique. La relation entre capacité horaire technique et retard se représente par le profil de courbe représenté ci-après :

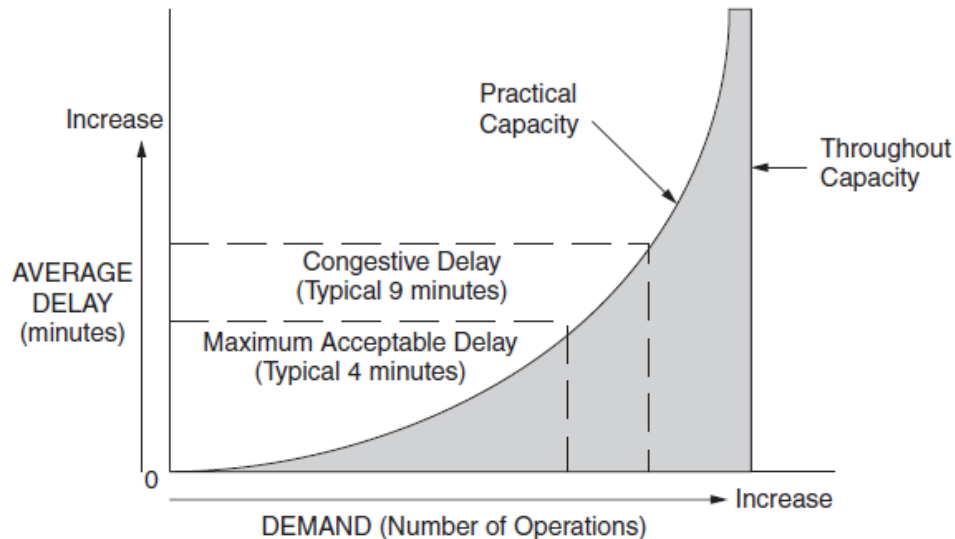


Figure (II-2): Delay as a function of capacity and demand.

-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 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, c'est-à-dire lorsque le niveau de retard est très bas.

II.2.3 Capacité déclarée

II.2.3.1 Définition de 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.

II.2.4 Capacité annuelle

II.2.4.1 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

II.2.4.2 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.

II.3 Paramètres majeurs qui influent sur la capacité

II.3.1 Coté piste

De manière générale, la capacité dépend du temps minimum nécessaire au traitement des éléments qui entrent dans l'un des systèmes et de la fréquence d'apparition dans ce système, Les systèmes retenus côté piste concernent le système de piste(s), les voies de circulation et les aires de stationnement.

Pour le côté piste

Le temps minimum de traitement ou **temps d'occupation du système** sera par la suite appelé :

- temps d’occupation de piste (TOP) pour les systèmes de piste(s),
- temps d’occupation des voies de circulation pour les voies de circulation,
- temps d’occupation des aires de stationnement pour les aires de stationnement

La fréquence d’apparition dans un système est le nombre d’avions qui se présentent pendant une unité de temps :

- à l’atterrissage ou au décollage sur le système de piste(s),
- à l’entrée dans le réseau des voies de circulation lors du roulage,
- à l’entrée dans les aires de stationnement lors du traitement au sol des avions.

A l’issue du traitement, et après un temps égal au temps minimum nécessaire au traitement (appelé aussi temps d’occupation du système), l’avion sort du système. Il a alors fini :

- de décoller ou d’atterrir,
- de rouler pour entrer sur la piste ou sur les aires de stationnement,
- de stationner pour commencer le roulage qui le mène à la piste de décollage.

➔ **Les facteurs de premier ordre**

Regroupent les composants techniques qui ont un impact direct sur le temps d’occupation du système et sur la fréquence d’apparition dans le système. Ce sont les facteurs sur lesquels le planificateur peut agir, dans la limite des Règles de sécurité.

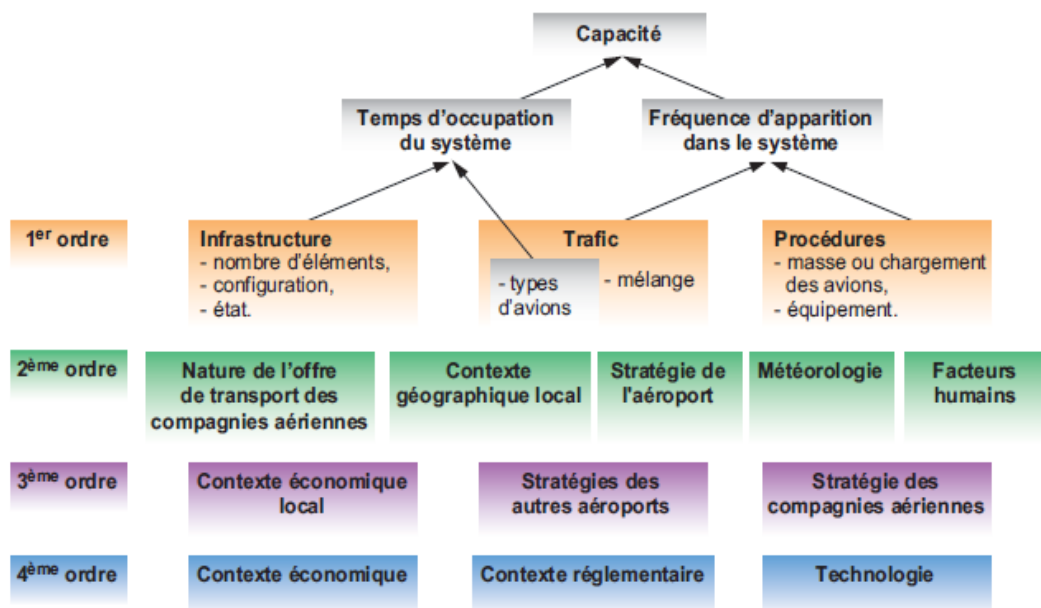


figure (II-3) les facteur qui influent sur la capacité

→ **Les facteurs de deuxième ordre**

Ont une influence directe sur les facteurs de premier ordre. Ils relèvent en partie du planificateur et de la stratégie de l'aéroport concerné.

→ **Les facteurs de troisième et quatrième ordres**

Ont une influence sur, respectivement, les facteurs de deuxième et troisième ordres. Ils relèvent de stratégies plus globales (au moins au niveau national).

Le niveau d'influence du planificateur s'amointrit du 1er au 4ème ordre et dépend du niveau d'influence du planificateur (local ou national).

II.3.1.1 Analyse des facteurs de premier ordre

Les facteurs de premier ordre regroupent les composants techniques qui ont un impact direct sur le temps d'occupation du système (pistes, voies de circulation ou aires de stationnement) et sur la fréquence d'apparition dans le système. Ce sont les facteurs sur lesquels le planificateur peut agir le plus.

Les principaux facteurs ayant un impact direct sur le niveau de la capacité technique sont :

- **l'infrastructure** : nombre, configuration et état des éléments (piste(s), sortie(s), voies de circulation, aire(s) de stationnement)
- **le trafic** : nature, mélange entre les catégories d'avions, mélange entre arrivées et départs,
- **les procédures** : elles concernent les éléments qui induisent un espacement temporel ou spatial des avions. Certaines sont réglementaires et nécessaires pour des raisons de sécurité. D'autres sont dépendantes des caractéristiques locales et des contraintes opérationnelles.

Elles dépendent notamment de l'organisation des flux d'arrivées et de départs dans l'espace aérien terminal, et du niveau d'équipement de l'aéroport (radar, radar sol, ILS...).

II.3.1.1.1 Facteur de premier ordre du système de piste

Le nombre d'avions traités par le système de piste(s) pendant une heure dépend du temps résultant de l'espacement entre avions en raison des procédures réglementaires et du temps d'occupation de piste(s).

Les facteurs de premier ordre qui ont une influence sur le temps d'occupation de piste et sur la fréquence d'atterrissages et de décollages sont décrits pour les trois types de séquences suivantes :

- pour une séquence d'avions qui atterrissent,
- pour une séquence d'avions qui décollent,
- pour une séquence d'avions qui enchaînent tour à tour atterrissages et décollages.

La description des facteurs de premier ordre de chaque séquence sera faite pour les principaux types de systèmes de pistes suivants :

- système de piste unique,
- système de pistes parallèles :
 - 1) doublet de pistes : pistes parallèles rapprochées,
 - 2) pistes parallèles éloignées,
- système de pistes convergentes,
- système de pistes sécantes.



Figure (II-4) une séquence d'avion qui décolle



Figure (II-5) les pistes sécantes de l'aéroport saint Denis

II.3.1.1.1.1 Les facteurs de premier ordre pour une séquence d'avions atterrissant :

II.3.1.1.1.1.1 L'influence de l'infrastructure et des performances des avions :

détermination du temps d'occupation de piste (TOP) :

Le temps d'occupation de piste(s) (TOP) à l'atterrissage est le temps compris entre les deux évènements suivants :

1. l'avion passe au-dessus du seuil de piste,
2. l'avion quitte la piste et passe le point situé à 90 mètres de l'axe de piste (il dégage les servitudes).

Nous allons voir que le TOP dépend de l'infrastructure et des caractéristiques des avions qui fréquentent la piste.

1er cas : la distance de freinage est inférieure à la distance entre le seuil de piste et la bretelle de sortie Le schéma (II-6) donne la décomposition du temps d'occupation de piste à l'arrivée, On peut distinguer :

- le temps nécessaire à la distance d'atterrissage,
- le temps de roulage jusqu'à la bretelle de sortie,
- le temps de roulage pour la sortie (sur la bretelle).

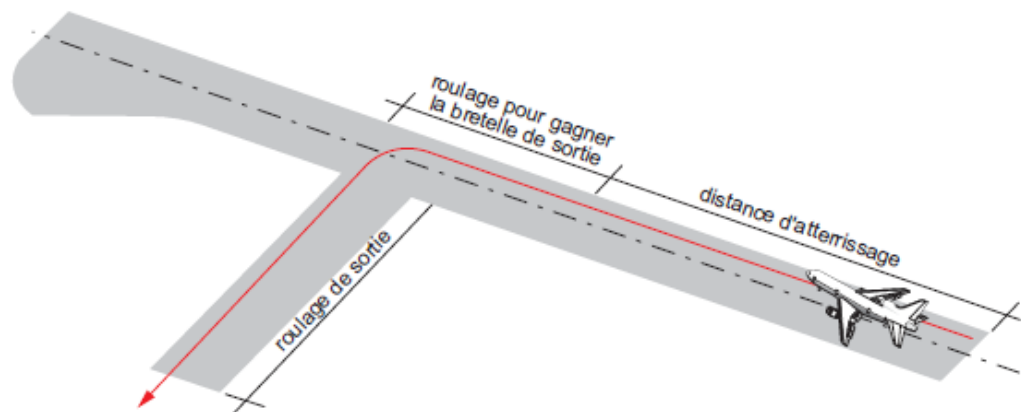


Figure (II-6) la décomposition du temps d'occupation de piste à l'arrivée (1^{er} cas)

La distance d'atterrissage est donnée par les constructeurs d'avion. Elle dépend de la masse de chargement de l'avion, de sa vitesse d'approche, et du freinage.

Le temps de roulage jusqu'à la bretelle de sortie et le temps de roulage pour la sortie dépendent de la vitesse de roulage de l'avion et de la position de la bretelle de sortie.

2e cas : la distance de freinage est supérieure à la distance entre le seuil de piste et la bretelle de sortie Le schéma (II-7) présente un cas extrême de positionnement de bretelle lorsque la distance d'atterrissage est plus grande que la distance entre le seuil de piste et la bretelle de sortie. C'est-à-dire que le freinage de l'avion n'est pas suffisant pour lui permettre de sortir à la bretelle en question. Ce cas a lieu lorsqu'il y a peu de bretelles de sortie ou qu'elles sont mal positionnées pour l'avion considéré.

Dans ce cas, la décomposition du temps d'occupation de piste à l'arrivée devient :

- 1) le temps nécessaire pour parcourir la distance d'atterrissage,
- 2) le temps de roulage jusqu'à la bretelle de sortie, se décomposant en :

1. temps de roulage jusqu'à la raquette de retournement,

2. temps de demi-tour,
3. temps de roulage entre la raquette et la bretelle de sortie,
4. le temps de roulage pour la sortie (sur la bretelle).

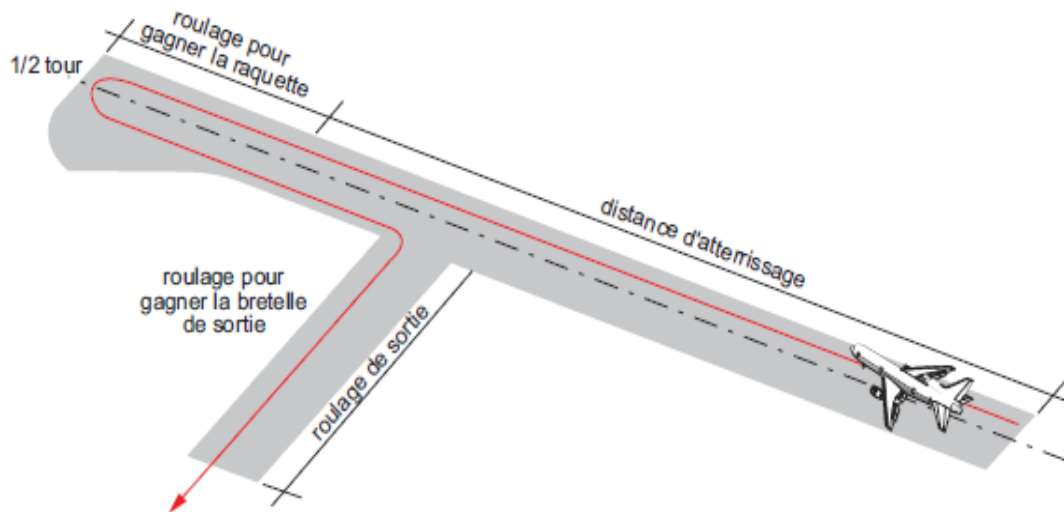


Figure (II-7) la décomposition du temps d'occupation de piste à l'arrivée

Le TOP peut alors être très important puisqu'un demi-tour prend entre 50 et 60 secondes, et que la vitesse de roulage sur piste est comprise entre 8 à 15 kts, soit 4 à 8 mètres par seconde.

Les principaux paramètres présentés ici sont donc :

- la distance de freinage de l'avion qui dépend de la masse, de la vitesse d'approche, des performances au freinage et de la vitesse de sortie,
- la position de la bretelle de sortie,
- la configuration de la sortie : sortie droite ou rapide.

En conclusion et pour un planificateur :

- 1) le positionnement des bretelles de sortie est très important pour minimiser le TOP. La localisation d'une bretelle devrait permettre de :
 - ➔ éviter les configurations représentées par le **schéma (II.7)** afin d'éviter les demi-tours sur piste,
 - ➔ minimiser le temps de roulage pour gagner la bretelle de sortie dans la configuration représentée par le **schéma (II.6)**
- 2) par ailleurs, la forme de la bretelle de sortie et notamment l'utilisation de sortie rapide permettent de :
 - ➔ diminuer la distance d'atterrissage,
 - ➔ diminuer le temps de roulage de sortie en raison d'une vitesse de sortie plus élevée.

Ces recommandations dépendent de l'infrastructure, et notamment de la distance entre piste et voies de circulation qui doit être suffisante pour permettre aux avions de décélérer.

II.3.1.1.1.2 Influence des procédures et des caractéristiques des avions : détermination de la fréquence d'atterrissages pour une piste dédiée aux atterrissages

II.3.1.1.1.2.1 Cas général :

Les principales procédures réglementaires, et nécessaires pour des raisons de sécurité, sont

- les espacements nécessaires pour les turbulences de sillage,
- l'espacement radar.

Les principales procédures liées au contexte local, et dépendantes aussi des règles de sécurité, sont :

- la longueur d'approche finale,
- la limite d'autorisation d'atterrir,
- le verrou.

Les procédures réglementaires

Les procédures réglementaires sont édictées par le Règlement de la Circulation aérienne Les minima d'espacement résultant des turbulences de sillage à appliquer entre deux aéronefs en vol sont exprimés en temps (minutes ou secondes).

Tableau (II-1) les minima d'espacement des turbulences de sillage

Avion suiveur Avion de tête	Light MTOW ≤7t	Medium 7t ≤MTOW≤136	Heavy MTOW>136
Light	(*)	(*)	(*)
Medium	180 s	(*)	(*)
Heavy	180 s	120 s	(*)
(*) : pas de contrainte d'espacement due à la turbulence de sillage MTOW : maximum take-off weight			

Si l'aéroport est équipé d'un radar, ils peuvent alors être appliqués en distance (NM)

Tableau (II-2) les minima d'espacement des turbulences de sillage

Avion suiveur Avion de tête	Light MTOW ≤7t	Medium 7t ≤MTOW≤136	Heavy MTOW>136
Light	(*)	(*)	(*)
Medium	4NM	(*)	(*)
Heavy	6NM	5NM	4NM
(*) : pas de contrainte d'espacement due à la turbulence de sillage MTOW : maximum take-off weight			

Les minima d'espacement résultant des turbulences de sillage à appliquer entre deux aéronefs en vol à l'arrivée sont explicités dans le tableau précédant et sont issus du règlement de la circulation aérienne

Les caractéristiques locales en matière de procédures

La longueur d'approche finale est la trajectoire que les avions suivent afin d'atteindre le seuil de piste

II.3.1.1.1.2 Facteurs de premier ordre pour une séquence d'avions qui décollent :

II.3.1.1.1.2.1 Influence de l'infrastructure et des performances des avions au décollage : détermination du temps d'occupation de piste (TOP) :

Nous allons voir que, comme dans le cas des avions à l'atterrissage, ce TOP dépend de l'infrastructure et des caractéristiques des avions qui fréquentent la piste.

1er cas : la distance au décollage est inférieure à la distance entre la bretelle et le seuil de piste

Le schéma 1 décrit cette situation pour laquelle le TOP au départ se décompose en :

- temps de roulage pour l'alignement,
- temps de parcours de la distance au décollage,
- temps de vol entre le moment où les roues ont quitté le sol et le moment où l'avion franchit le seuil de piste.

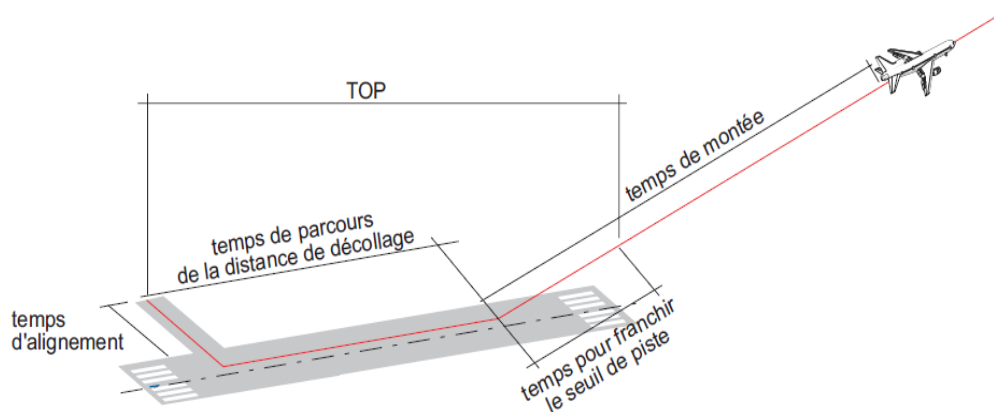


Figure (II-8) la décomposition du temps d'occupation de piste pour 1^{er} cas

2e cas : la distance au décollage est supérieure à la distance entre la bretelle et le seuil de piste

Le schéma 2 présente cette situation pour laquelle le TOP au décollage se décompose en :

- temps de roulage pour l'alignement comprenant :
 - le temps de roulage pour gagner la raquette de retournement,

- le temps de demi-tour,
- ➔ temps de parcours de la distance au décollage,
- ➔ temps de vol entre le moment où les roues ont quitté le sol et le moment où l'avion franchit le seuil de piste.

Les principaux paramètres présentés ici sont donc :

- la distance de décollage de l'avion qui dépend de la masse, du chargement, de la vitesse de roulage de l'avion et de la vitesse de décollage, taux de montée,
- la position de la bretelle d'entrée sur la piste,
- la position d'une bretelle de retournement.

La possibilité de diminuer le TOP pour augmenter ou adapter la capacité technique varie selon que l'on se place du point de vue de la planification aéroportuaire ou point de vue opérationnel.

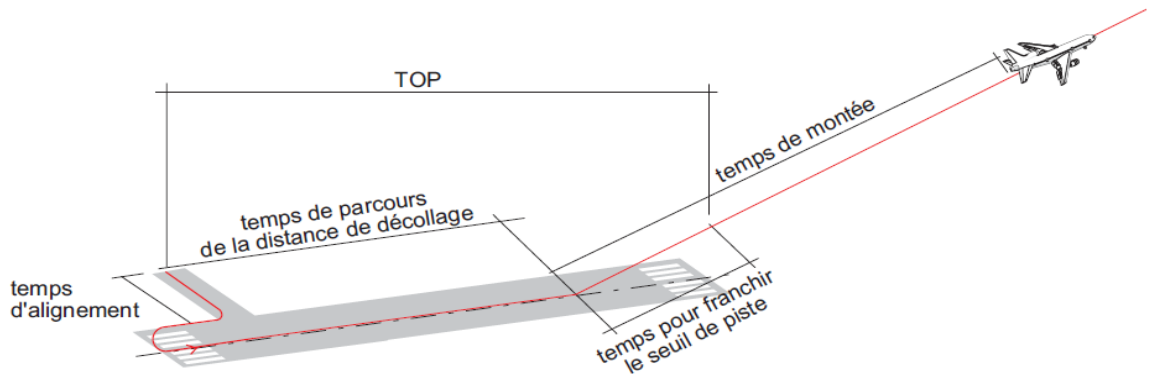


Figure (II-9) la décomposition du temps d'occupation de piste pour le 2^{ème} cas

Recommandations ou meilleures pratiques pour diminuer les TOP au décollage :

1) **multi-alignement sur la piste :**

Des avions sont alignés sur la piste et prêts à décoller à une distance suffisante prenant en compte les turbulences de sillages afin de diminuer les TOP au décollage.

2) **décollage d'une intersection :**

Pour un doublé de pistes sécantes, l'intersection des deux pistes peut constituer une bretelle d'alimentation d'avions au décollage. On diminue alors temps de vol entre le moment où les roues ont quitté le sol et le moment où l'avion franchit le seuil de piste.

II.3.1.1.1.2.2 L'influence des procédures et des performances des avions qui décollent : détermination de la fréquence de décollage

II.3.1.1.1.2.2.1 Cas générale :

Les procédures sont les facteurs qui induisent des séparations temporelles ou spatiales entre avions pour assurer leur sécurité. Certaines sont réglementaires, d'autres propres à la plate-forme. Elles s'appliquent à chacune des pistes d'un doublet éloigné banalisé et de la piste dédiée aux décollages d'un doublet spécialisé, d'un système de pistes sécantes ou convergentes de plus de 15°, et d'une piste unique. Dans le cas d'un doublet éloigné banalisé, la fréquence de décollage est double de celle d'une seule piste dédiée aux décollages.

Pour la capacité, les principales procédures réglementaires prises en compte pour le décollage sont :

- a) les espacements nécessaires pour les turbulences de sillage,
- b) l'espacement radar,
- c) l'organisation judicieuse de séquence d'avions

La principale procédure liée au contexte local est la présence de routes divergentes.

Les procédures réglementaires

Les procédures réglementaires sont édictées par le Règlement de la Circulation Aériennes

Les minima d'espacement résultant des turbulences de sillage à appliquer entre deux aéronefs au départ sont explicités dans le tableau suivant

La capacité horaire technique va dépendre du temps d'occupation de piste lorsqu'il n'y a pas de contrainte de turbulences de sillage.

Lorsqu'il y a des contraintes, la capacité horaire technique au départ va dépendre essentiellement de la séparation temporelle.

Tableau (II-3) les minima d'espacement au départ

Avion suiveur Avion de tête	Light MTOW ≤ 7t	Medium 7t ≤ MTOW ≤ 136	Heavy MTOW > 136
Light	(*)	(*)	(*)
Medium	120s (180s)	(*)	(*)
Heavy	120s (180s)	120s (180s)	(*)
(*) : pas de contrainte d'espacement due à la turbulence de sillage MTOW : maximum take-off weight			

La procédure liée au contexte local

La principale procédure liée au contexte local est la présence de routes divergentes. Elles permettent de faire décoller un avion sur une autre route afin d'éviter les rattrapages d'avions ayant des vitesses différentes : il n'y a pas de contrainte pour turbulences de sillage et les routes sont divergentes pour des avions ayant des vitesses différentes.

Cette procédure a été observée en Europe et a été retenue comme procédure mûre : procédures au décollage modifiées pour des avions ayant des distances courtes de décollage.

Les mesures pour augmenter la fréquence de décollages sont :

- a) réduire les espacements si possibles,
- b) émettre des recommandations aux pilotes pour diminuer les TOP,
- c) prévoir, si les liaisons aériennes le permettent, au moins deux routes divergentes au décollage pour des catégories d'avions différentes,
- d) prévoir le multi-alignement au départ de façon à ce que les premiers avions à décoller soient les moins contraignants du point de vue des turbulences de sillage par rapport aux avions suiveurs, et ce notamment si des routes divergentes sont possibles,
- e) prévoir des « by-pass » sur les voies de circulation (plates-formes d'attente, peignes d'entrée Sur piste ou voies doublées) afin d'enchaîner de manière favorable les avions au décollage et de diminuer ainsi les distances entre eux induites par les turbulences de sillage.

II.3.1.1.2 Facteurs de premier ordre pour un mélange d'atterrissages et de décollages :

La capacité horaire technique pour une séquence enchaînant tour à tour des avions à l'atterrissage et au décollage va dépendre du temps entre un atterrissage et un décollage ou entre un décollage et un atterrissage. Il dépend principalement des temps d'occupation de piste à l'arrivée et au décollage et de la configuration du système de piste(s).

Nous décrivons ici l'influence de la fréquence d'apparition des avions dans le système de piste(s) et des configurations de piste(s) pour une piste unique, un doublet de pistes parallèles et un doublet de pistes sécantes.

II.3.1.1.2.1 Pour une piste unique :

Le temps minimum entre un décollage et un atterrissage est égal au temps de parcours de l'avion à l'atterrissage entre le verrou et le seuil de piste car le TOP au décollage de l'avion de tête est inférieur à ce temps. L'espacement minimal à appliquer entre un avion au départ et un avion à l'arrivée correspond donc à la distance entre le verrou et le seuil de piste.

Le temps minimum entre un atterrissage et un décollage qui suit est égal au TOP à l'arrivée de l'avion de tête.

II.3.1.1.2.2 Pour des pistes parallèles en mode banalisé ou en mode spécialisé

Pour un doublet éloigné de pistes parallèles en mode banalisé ou en mode spécialisé, les mouvements simultanés ont lieu, c'est-à-dire que les décollages et les atterrissages se font en même temps. Les atterrissages n'ont pas de contraintes sur les décollages, et les décollages n'ont pas de contraintes sur les atterrissages.

II.3.1.1.2.3 Pour un doublet de pistes parallèles rapprochées

Pour un doublet de pistes parallèles rapprochées spécialisées, le temps minimum entre un avion au décollage et un avion à l'atterrissage est égal au temps de parcours de l'avion à l'atterrissage de la limite d'autorisation d'atterrir au seuil de piste.

Le temps minimum entre un avion à l'atterrissage et un avion au décollage est égal au temps d'occupation partielle de piste (TOPP). Une clairance de décollage ne peut être délivrée que lorsque l'avion de tête (arrivée) est stabilisé sur la piste car celui-ci n'effectuera pas d'approche interrompue.

II.3.1.1.3 Facteurs de premier ordre des voies de circulation :**II.3.1.1.3.1 Influence de l'infrastructure et des performances des avions : détermination du temps d'occupation de la voie de circulation**

Le temps d'occupation d'une voie de circulation dépend de :

- la longueur de la voie de circulation :
 - ➔ pour les avions à l'arrivée : de la distance entre la bretelle de sortie et le poste de stationnement concerné par l'avion,
 - ➔ pour les avions au décollage : de la distance entre le poste de stationnement concerné par l'avion et la bretelle d'entrée sur la piste,
- la vitesse de roulage de l'avion.
- La structure du réseau des voies de circulation (croisement)

II.3.1.1.3.2 Influence des procédures et des performances des avions : détermination de la fréquence d'utilisation de la voie de circulation

La fréquence d'apparition d'avions sur la voie de circulation dépend de :

- l'espacement entre avions au roulage en raison des marges de sécurité à respecter,
- pour les avions à l'arrivée : la position de la piste d'atterrissage par rapport aux aérogares. elle peut engendrer dans le cas d'un doublet de pistes une traversée de l'autre piste. Dans ce cas, l'avion qui traverse la piste doit attendre que l'avion termine son décollage.
- pour les avions au départ : la position de la piste de décollage par rapport aux aérogares. Elle peut engendrer dans le cas d'un doublet de pistes une traversée de l'autre piste. Dans ce cas, l'avion qui traverse la piste doit attendre que l'avion termine son atterrissage. L'avion qui atterrit est prioritaire s'il a dépassé le verrou.

Sur la plupart des aéroports, les avions atterrissent sur la piste extérieure et décollent sur la piste intérieure.

II.3.1.1.4 Facteurs de premier ordre des postes de stationnement :

Le temps d'occupation d'un poste de stationnement se décompose en:

- temps de traitement de l'avion (chargement et déchargement des passagers et des éléments nécessaires au vol — kérosène...),
- temps de repoussage si la configuration du poste l'exige,
- temps de réaction au roulage après repoussage.

Il dépend :

- de l'équipement du poste :
- passerelle,
- sinon liaison supplémentaire avec l'aérogare : « par bus ou à pied »

Nature du poste :

- nose in : nécessite un repoussage,
- nose out (autonome),
- chargement de l'avion: dépend de la taille (catégorie d'avion) et du marché (charter, low cost, affaire).

II.4 Facteurs qui influent sur la capacité annuelle en mouvements

La capacité annuelle est calculée à partir de la capacité journalière qui est la somme de l'ensemble des mouvements qui peuvent être traités par le système de piste sur la journée. Or le nombre de mouvements varie en général à chaque heure car il dépend de la structure de la demande (mélange en arrivées et départs, mélange en catégories

d'avions). Certaines heures sont des heures de pointe, et d'autres des heures creuses. Les nombres d'heures de pointe et d'heures creuses, ainsi que le rapport entre elles déterminent la structure du trafic.

Le schéma suivant présente une répartition du nombre de mouvements par heure sur une journée entière. En pointillé, le trafic actuel est représenté. On remarque des heures de pointe et des heures creuses. En trait plein, les capacités horaires techniques sont représentées pour chaque heure.

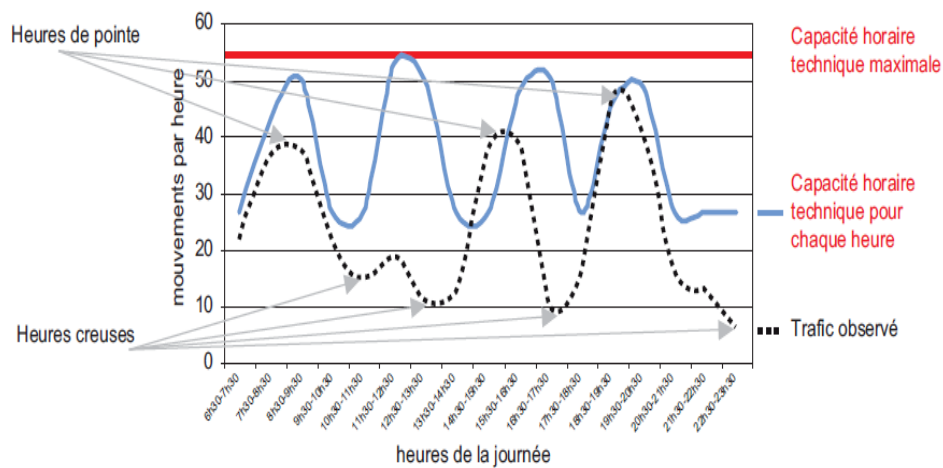


Figure (II-10) la capacité horaire d'une journée

La capacité journalière va dépendre de la capacité technique horaire maximale et de la structure du trafic. La structure du trafic est déterminée par le nombre d'heures de pointe et le nombre d'heures creuses, ainsi que par le rapport entre-elle.

CHAPITRE III

III.1 METHODE DE PREVISION DU TRAFIC :

La technique utilisé : « REGRZSSION LINEAIR SIMPLE »

III.1.1 Détermination des coefficients de régression : [06]

- 1- Dans la régression simple, il y a deux variables : la variable à prévoir, Y , qu'on appelle variable dépendante et la variable sur laquelle la prévision est fondée, T , qu'on appelle variable indépendante.
- 2- L'équation de prévision pour une régression linéaire simple est la suivante :

$$\tilde{Y} = a + bT \quad (\text{III.1})$$

Où \tilde{Y} représente la valeur prévue de Y pour une valeur donné de T .

- 3- La méthode ci-après est dérivée de celle qui sert à déterminer les grandeurs de a et b d'après un certain nombre d'observations des valeurs correspondantes de T et Y .
- 4- La figure (III-1) représente des observations réelle de Y dispersées de part et d'autre d'une ligne de régression estimée qui représente l'équation de prévision, les valeurs réelles de Y observées dans un échantillon différent des valeurs prédites, Y , la différence correspondant à des erreurs qui peuvent être représentées par U .

$$\text{Soit} \quad Y = \tilde{Y} + U = a + bT + U \quad (\text{III.2})$$

- 5- le problème consiste à déterminer les valeurs de a et b qui donnent le "meilleur ajustement" de l'équation aux observations. Pour un échantillon de n d'observations,

$$\begin{aligned} U_1 &= Y_1 - \tilde{Y}_1 = Y_1 - a - bT_1 \\ U_2 &= Y_2 - \tilde{Y}_2 = Y_2 - a - bT_2 \\ U_n &= Y_n - \tilde{Y}_n = Y_n - a - bT_n \end{aligned} \quad (\text{III.3})$$

Certaines des valeurs U_i sont positives, et d'autres négatives. On fait en sorte que la moyenne de U soit égale à zéro.

$$\text{Donc} \quad \sum U_i / n = \sum Y_i / n - a - b \sum T_i / n = 0 \quad (\text{III.4})$$

$$\text{Ou} \quad Y = a + bT \quad (\text{III.5})$$

Expression dans laquelle Y_{moy} et T_{moy} sont les moyennes des variables .cette équation permet de calculer le coefficient a et b est connu et inversement.

- 6- on utilise la méthode des moindres carrés pour déterminer la pente de la courbe de régression exprimée par le coefficient b . Le critère des moindres carrés exige que la courbe qui est ajustée aux données de l'échantillon soit telle que la somme des carrée des distances verticales (erreurs) entre les points et les lignes soit minimale.
- 7- soit D représentant la somme des carrés des erreurs, on obtient :

$$\begin{aligned}
 D &= U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2 \\
 &= \sum U_i^2, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 &= \sum (Y_i - a - bT_i)^2 \quad \text{(III.6)}
 \end{aligned}$$

On simplifie le problème en posant :

$$y_i = Y_i - Y_{moy} \quad \text{(III.7)} \quad \text{et} \quad t_i = T_i - T_{moy} \quad \text{(III.8)}$$

En remplaçant Y_i et T_i dans l'expression de D ,

$$D = \sum (y_i - bt_i)^2 \quad \text{(III.9)}$$

D a une valeur minimale lorsque b est tel que $aD/ab = 0$

$$aD/ab = 2 \sum t_i (Y_i - bt_i) = 0 \quad \text{(III.10)}$$

$$\sum t_i y_i - b \sum t_i^2 = 0$$

Il s'agit d'une équation dite normale, à partir de laquelle on détermine b ,

8- d'après les valeurs observées de Y et T , on peut donc calculer les coefficients

b et a au moyen des équations suivantes :

$$b = \sum t_i y_i / \sum t_i^2 \quad \text{(III.11)}$$

$$\text{Ou} \quad t_i = T_i - T_{moy}, \quad \text{(III.12)}$$

$$y_i = Y_i - Y_{moy}, \quad \text{(III.13)}$$

$$a = Y_{moy} - bT_{moy}. \quad \text{(III.14)}$$

III.1.2 Détermination du (degré d'ajustement) :

1- le (degré d'ajustement) se mesure habituellement au moyen d'un indice appelé

Coefficient de corrélation, r ou du carré de cette quantité, r^2 que l'on appelle coefficient de détermination. La valeur R mesure la proportion de la variation totale de Y qui a été expliquée par l'équation de régression.

2- la relation ci-dessous est utile pour bien comprendre cette notion :

$$(Y_i - Y_{moy}) = (Y_i - \tilde{Y}_i) + (\tilde{Y}_i - Y_{moy}) \quad \text{(III.15)}$$

La valeur $(Y_i - Y_{moy})$ est l'écart total d'une valeur Y observée par rapport à la moyenne de l'échantillon. La valeur $(\tilde{Y}_i - Y_{moy})$ s'appelle l'erreur expliquée parce qu'elle représente l'écart, par rapport à la moyenne de l'échantillon, d'une valeur prédite de Y trouvée par application de l'équation de régression à une valeur T observée. Enfin, la valeur $(Y_i - \tilde{Y}_i)$ est l'erreur qui continue d'exister après ajustement de la courbe de régression.

La relation ci-dessus est valable pour chaque observation. Pour la totalité de l'échantillon, on peut poser l'expression suivante :

$$\sum (Y_i - Y_{moy})^2 = \sum (Y_i - \tilde{Y}_{moy})^2 + \sum (\tilde{Y}_i - Y_{moy})^2 \quad (\text{III.16})$$

L'expression $\sum (Y_i - Y_{moy})^2$ s'appelle somme totale des carrés et l'équation ci-dessus montre qu'on peut la décomposer en deux termes, le premier $\sum (Y_i - \tilde{Y}_i)^2$, qu'on appelle somme des carrés des écarts inexpliqués et le second $\sum (\tilde{Y}_i - Y_{moy})^2$ qu'on appelle somme des carrés des écarts expliqués.

Le coefficient de détermination est défini par :

$$r^2 = \frac{\sum (\tilde{Y}_i - Y_{moy})^2}{\sum (Y_i - Y_{moy})^2} \quad (\text{III.17})$$

= somme des carrés des écarts expliqués / somme totale des carrés

11-la valeur du coefficient r^2 doit être comprise entre 0 et +1. Si l'ajustement des données est mauvais et que l'équation de régression n'explique qu'une très faible proportion de la variation réelle de Y, la valeur de r^2 sera voisine de zéro. Si l'ajustement est bon, cette valeur se rapprochera de +1.

On peut aussi écrire r^2 sous la forme suivante :

$$r^2 = \frac{(\sum t_i y_i)^2}{\sum t_i^2 * \sum y_i^2} \quad (\text{III.18})$$

Ou

$$t_i = T_i - T_{moy}$$

Et
$$y_i = Y_i - Y_{moy}$$

Cette dernière forme peut être plus facile à utiliser pour les calculs. [07]

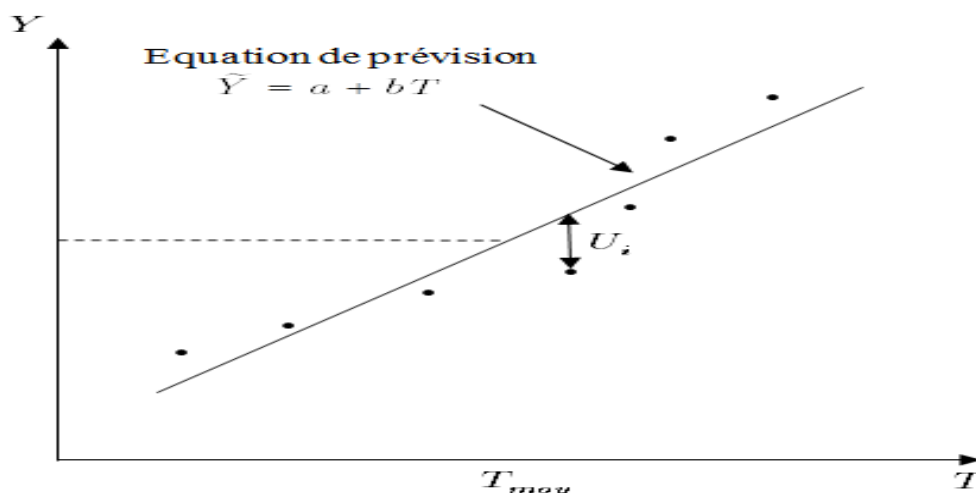


Figure (III.1) : observation réelles et courbe de régression linière simple

III.2 PREVISION DU TRAFIC PASSAGER

Tableau 1 : trafic domestique « pax »

<i>T</i>	<i>y</i>			<i>t_i</i>	<i>Y_i</i>			<i>t_i²</i>	<i>Y_i²</i>			<i>t_i * Y_i</i>		
	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A + D</i>		<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A + D</i>		<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A + D</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A + D</i>
2005	152584	162717	315301	-4,5	-20092,3	-16062,2	-36154,5	20,25	403700519	257994269	1307147870	90415,35	72279,9	162695,25
2006	159389	165673	325062	-3,5	-13287,3	-13106,2	-26393,5	12,25	176552341	171772478	696616842,3	46505,55	45871,7	92377,25
2007	167655	178334	345989	-2,5	-5021,3	-445,2	-5466,5	6,25	25213453,7	198203,04	29882622,25	12553,25	1113	13666,25
2008	186204	192558	378762	-1,5	13527,7	13778,8	27306,5	2,25	182998667	189855329	745644942,3	-20291,55	-20668,2	-40959,75
2009	200112	204441	404553	-0,5	27435,7	25661,8	53097,5	0,25	752717634	658527979	2819344506	-13717,85	-12830,9	-26548,75
2010	168264	173694	341958	0,5	-4412,3	-5085,2	-9497,5	0,25	19468391,3	25859259	90202506,25	-2206,15	-2542,6	-4748,75
2011	166504	171586	338090	1,5	-6172,3	-7193,2	-13365,5	2,25	38097287,3	51742126,2	178636590,3	-9258,45	-10789,8	-20048,25
2012	169367	175629	344996	2,5	-3309,3	-3150,2	-6459,5	6,25	10951466,5	9923760,04	41725140,25	-8273,25	-7875,5	-16148,75
2013	180 073	180074	360147	3,5	7396,7	1294,8	8691,5	12,25	54711170,9	1676507,04	75542172,25	25888,45	4531,8	30420,25
2014	176 611	183086	359697	4,5	3934,7	4306,8	8241,5	20,25	15481864,1	18548526,2	67922322,25	17706,15	19380,6	37086,75
<i>T_{moy}</i> = 2009,5	172676,3	178779,2	351455,5					82,5	1679892796	1386098438	6052665515	139321,5	88470	227791,5

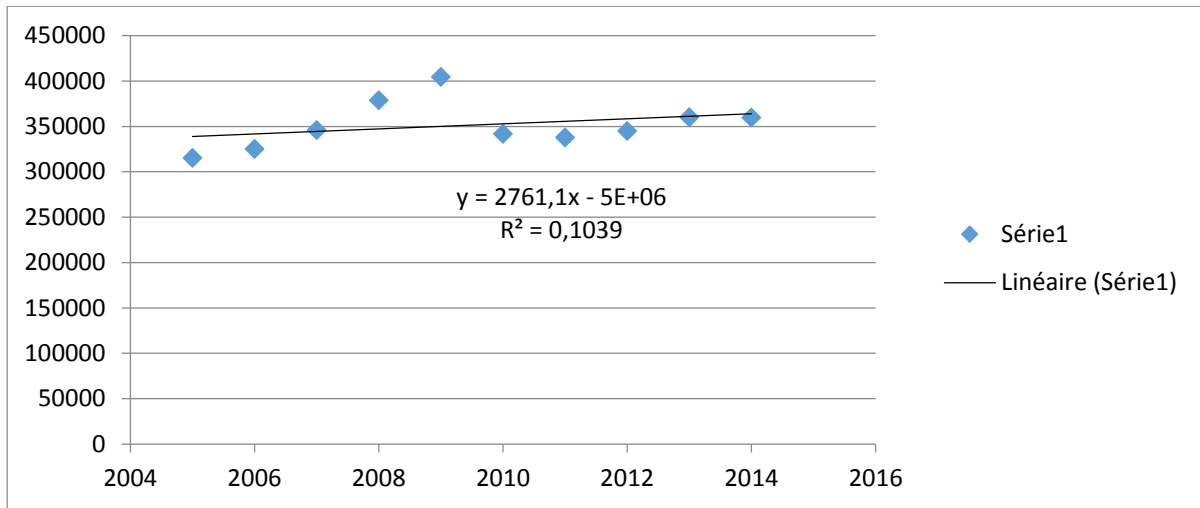


Figure (III-2) : graphe trafic pax domestique « Arrivée et départ »

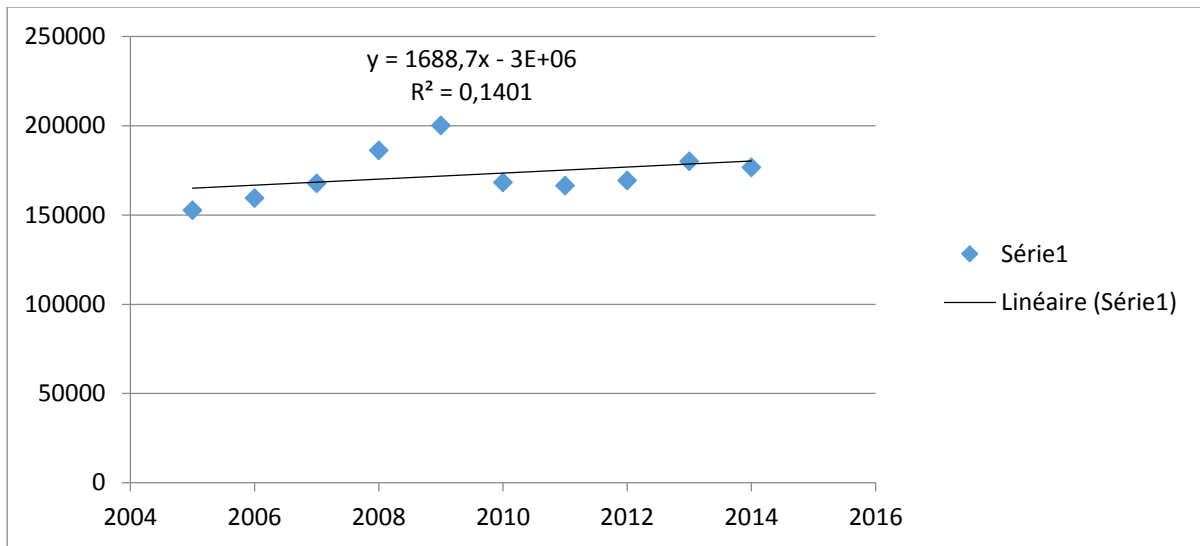


Figure (III-3) : graphe trafic pax domestique « départ »

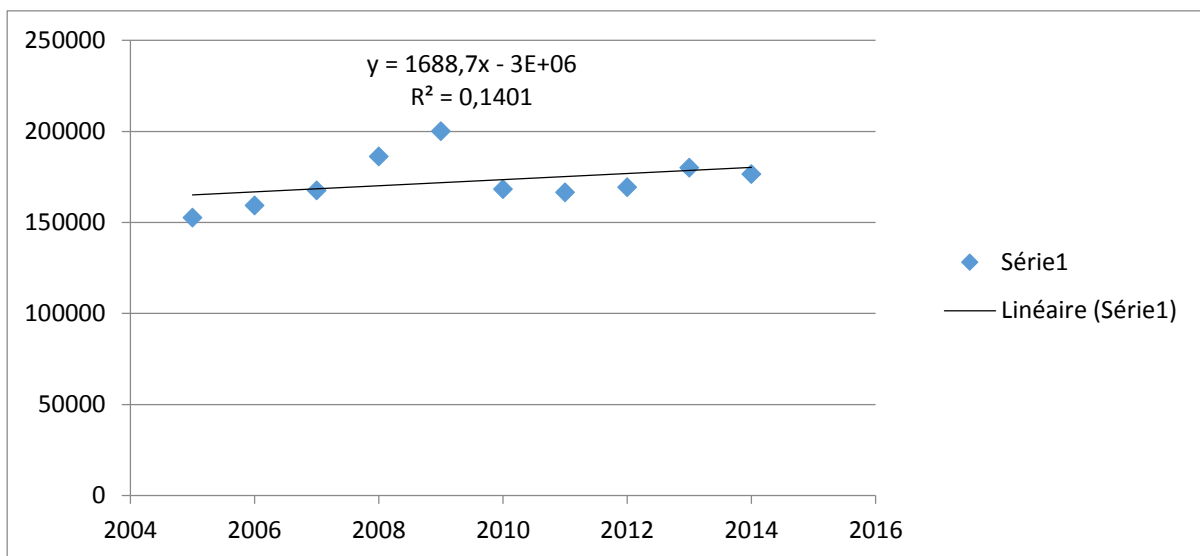


Figure (III-4) : graphe trafic pax domestique « Arrivée »

Application numérique : (du tableau 1)**Cas arrivée départ « domestique »**

$$b = 227791,5 / 82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 2761,10$$

$$a = 351455,5 - 2761,109 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -5196993,036$$

$$\text{DONC } Y = -5196993,036 + 2761,109 T$$

$$r^2 = (227791,5)^2 / (82,5 * 6052665515)$$

$$r^2 = 0,10 \quad \Rightarrow \quad \text{Mauvaise adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	380447,1445	394252,6895

Cas départ « domestique »

$$b = 88470/82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 1072,363$$

$$a = 948859,636 - 1072,363 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -1206053,813$$

$$\text{DONC } Y = -1206053,813 + 1072,363 T$$

$$r^2 = (88470)^2 / (82,5 * 1386098438)$$

$$r^2 = 0,068 \quad \Rightarrow \quad \text{Mauvaise adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	960119,447	965481,262

Cas arrivée « domestique »

$$b = 139321,5/82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 1688,745$$

$$a = 892174,364 - 1688,745 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -2501358,714$$

$$\text{DONC } Y = -2501358,714 + 1688,745 T$$

$$r^2 = (139321,5)^2 / (82,5 * 1679892796)$$

$$r^2 = 0,14 \quad \Rightarrow \quad \text{Mauvaise adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	909906,186	918349,911

Tableau 2 : (trafic International « pax »)

T	y			t _i	Y _i			t _i ²	Y _i ²			t _i * Y _i		
	A	D	D+A		A	D	D+A		A	D	D+A	A	D	D+A
2005	141435	148623	290058	-4,5	-13220	-9420,4	-22640,5	20,25	174768400	88743936,2	512592240,3	59490	42391,8	101882,25
2006	129379	130971	260350	-3,5	-25276	-27072,4	-52348,5	12,25	638876176	732914842	2740365452	88466	94753,4	183219,75
2007	132038	135411	267449	-2,5	-22617	-22632,4	-45249,5	6,25	511528689	512225530	2047517250	56542,5	56581	113123,75
2008	128805	130452	259257	-1,5	-25850	-27591,4	-53441,5	2,25	668222500	761285354	2855993922	38775	41387,1	80162,25
2009	138470	142036	280506	-0,5	-16185	-16007,4	-32192,5	0,25	261954225	256236855	1036357056	8092,5	8003,7	16096,25
2010	142251	145106	287357	0,5	-12404	-12937,4	-25341,5	0,25	153859216	167376319	642191622,3	-6202	-6468,7	-12670,75
2011	162872	166511	329383	1,5	8217	8467,6	16684,5	2,25	67519089	71700249,8	278372540,3	12325,5	12701,4	25026,75
2012	171274	174872	346146	2,5	16619	16828,6	33447,5	6,25	276191161	283201778	1118735256	41547,5	42071,5	83618,75
2013	181 711	183173	364884	3,5	27056	25129,6	52185,5	12,25	732027136	631496796	2723326410	94696	87953,6	182649,25
2014	218316	223279	441595	4,5	63661	65235,6	128896,5	20,25	4052722921	4255683507	16614307712	286474,5	293560,2	580034,25
T_{mo}y =2009,5	154 655	158043,4	312698,5					82,5	7537669513	7760865166	30569759463	680207,5	672935	1353142,5

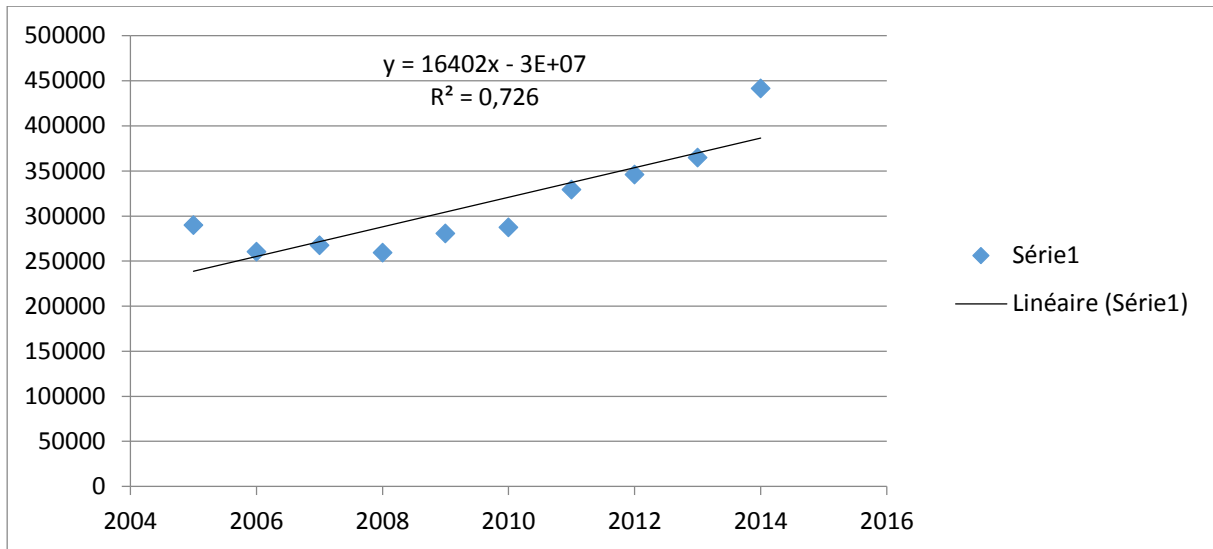


Figure (III-5) : (graphe trafic pax International « Arrivée et départ »

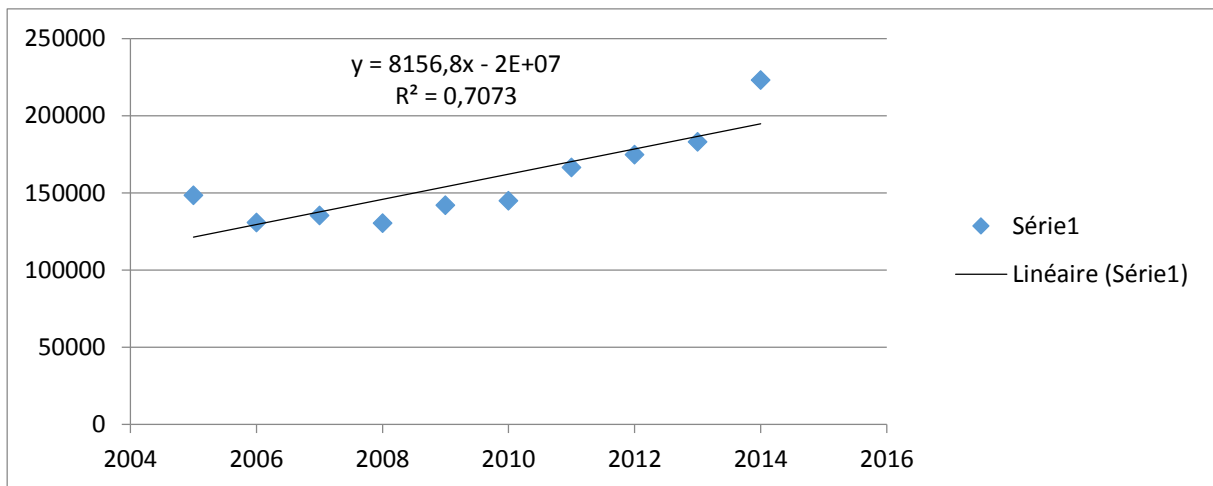


Figure (III-6) : graphe trafic pax International « départ »

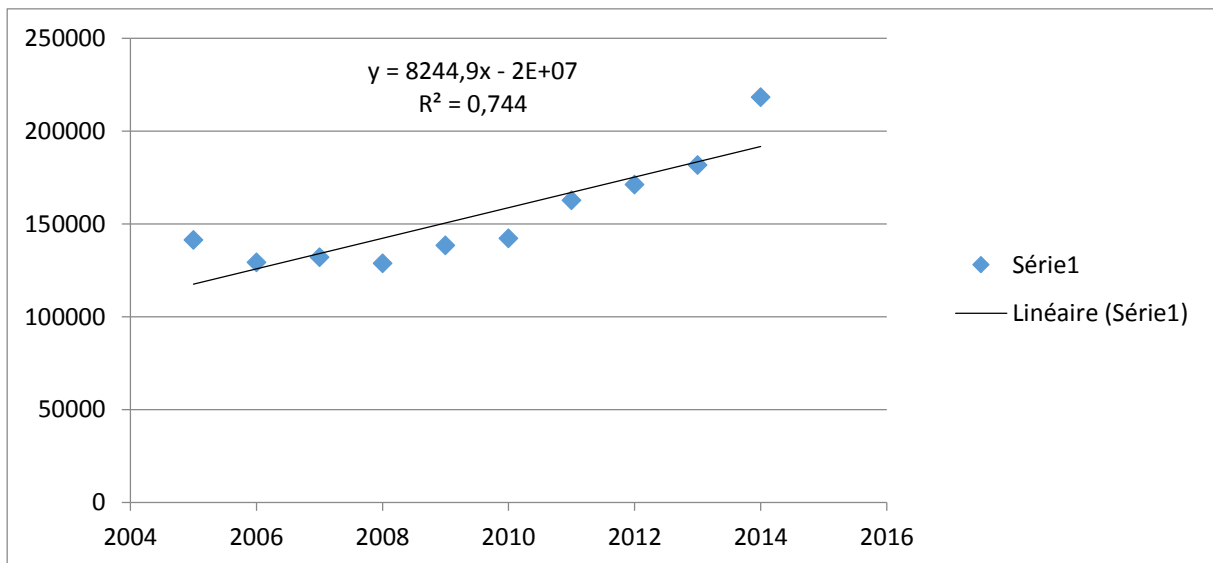


Figure (III-7) : graphe trafic pax International « arrivée »

Application numérique : (du tableau 2)**Cas arrivée départ « International »**

$$b = 1353142,5/82,5 \Rightarrow b = 16401,727$$

$$a = 312698,5 - 16401,727 * 2009,5 \Rightarrow a = -32646571,91$$

$$\text{DONC } Y = -32646571,91 + 16401,727 T$$

$$r^2 = (1353142,5)^2 / (82,5 * 30569759463)$$

$$r^2 = 0,73 \Rightarrow \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	484916,63	566925,27

Cas départ « International »

$$b = 672935/82,5 \Rightarrow b = 8156,78$$

$$a = 158043,4 - 8156,78 * 2009,5 \Rightarrow a = -16233006,01$$

$$\text{DONC } Y = -16233006,01 + 8156,78 T$$

$$r^2 = (672935)^2 / (82,5 * 7760865166)$$

$$r^2 = 0,70 \Rightarrow \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	243689,59	284473,49

Cas arrivée « International »

$$b = 680207,5/82,5 \Rightarrow b = 8244,94$$

$$a = 154655 - 8244,94 * 2009,5 \Rightarrow a = -16413551,93$$

$$\text{DONC } Y = -16413551,93 + 8244,94 T$$

$$r^2 = (680207,5)^2 / (82,5 * 7537669513)$$

$$r^2 = 0,74 \Rightarrow \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	241226,87	282451,57

Tableau 3 : trafic International + domestique « pax »

T	y			t_i	Y_i			$t_{i,2}$	$Y_{i,2}$			$t_i * Y_i$		
	A	D	D+A		A	D	D+A		A	D	D+A	A	D	D+A
2005	294019	311340	605359	-4,5	-33312,4	-25482,6	-58795	20,25	1109715994	649362903	3456852025	149905,8	114671,7	264577,5
2006	288768	296644	585412	-3,5	-38563,4	-40178,6	-78742	12,25	1487135820	1614319898	6200302564	134971,9	140625,1	275597
2007	299693	313745	613438	-2,5	-27638,4	-23077,6	-50716	6,25	763881155	532575622	2572112656	69096	57694	126790
2008	315009	323010	638019	-1,5	-12322,4	-13812,6	-26135	2,25	151841542	190787919	683038225	18483,6	20718,9	39202,5
2009	338582	346477	685059	-0,5	11250,6	9654,4	20905	0,25	126576000	93207439,4	437019025	-5625,3	-4827,2	-10452,5
2010	310515	318800	629315	0,5	-16816,4	-18022,6	-34839	0,25	282791309	324814111	1213755921	-8408,2	-9011,3	-17419,5
2011	329376	338097	667473	1,5	2044,6	1274,4	3319	2,25	4180389,16	1624095,36	11015761	3066,9	1911,6	4978,5
2012	340641	350501	691142	2,5	13309,6	13678,4	26988	6,25	177145452	187098627	728352144	33274	34196	67470
2013	361784	363247	725031	3,5	34452,6	26424,4	60877	12,25	1186981647	698248915	3706009129	120584,1	92485,4	213069,5
2014	394927	406365	801292	4,5	67595,6	69542,4	137138	20,25	4569165139	4836145398	18806831044	304180,2	312940,8	617121
$T_{moy}=2009,5$	327331,4	336822,6	664154					82,5	9859414446	9128184926	37815288494	819529	761405	1580934

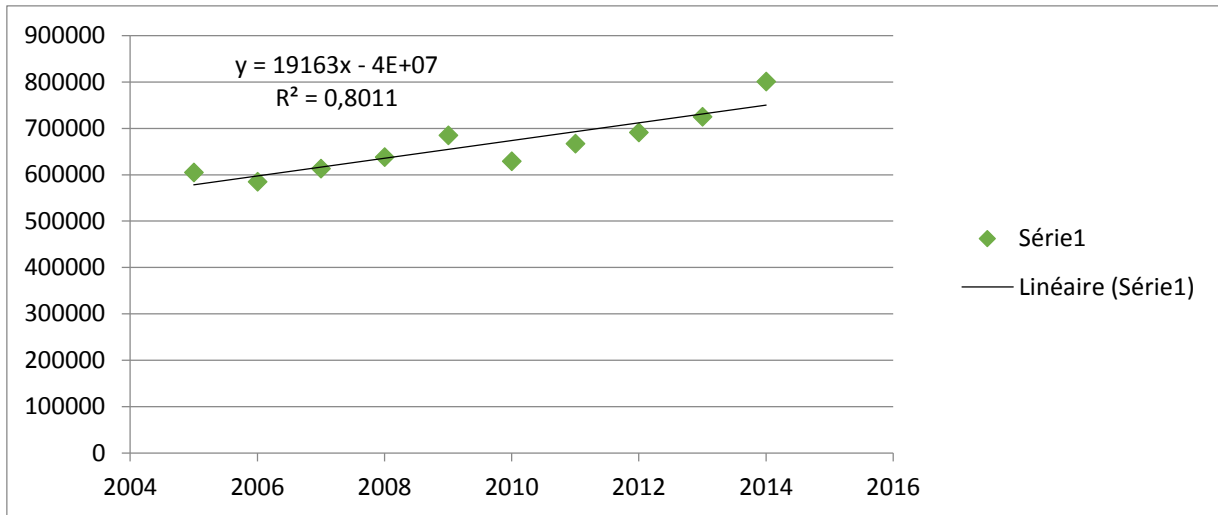


Figure (III-8): Graphe trafic pax International + domestique « arrivée et départ »

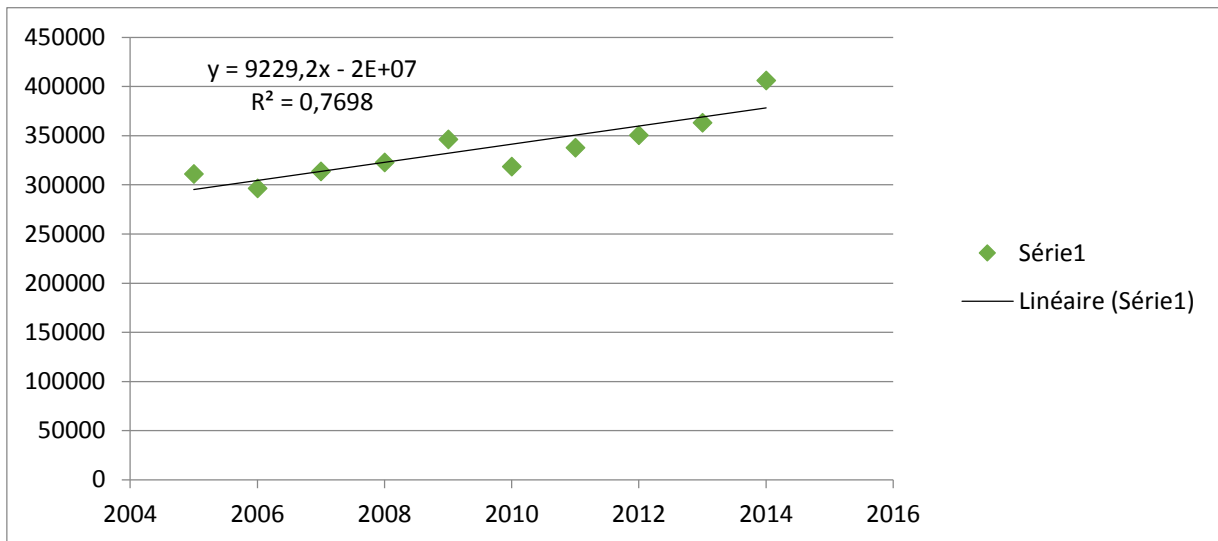


Figure (III-9): Graphe trafic pax International + domestique « départ »

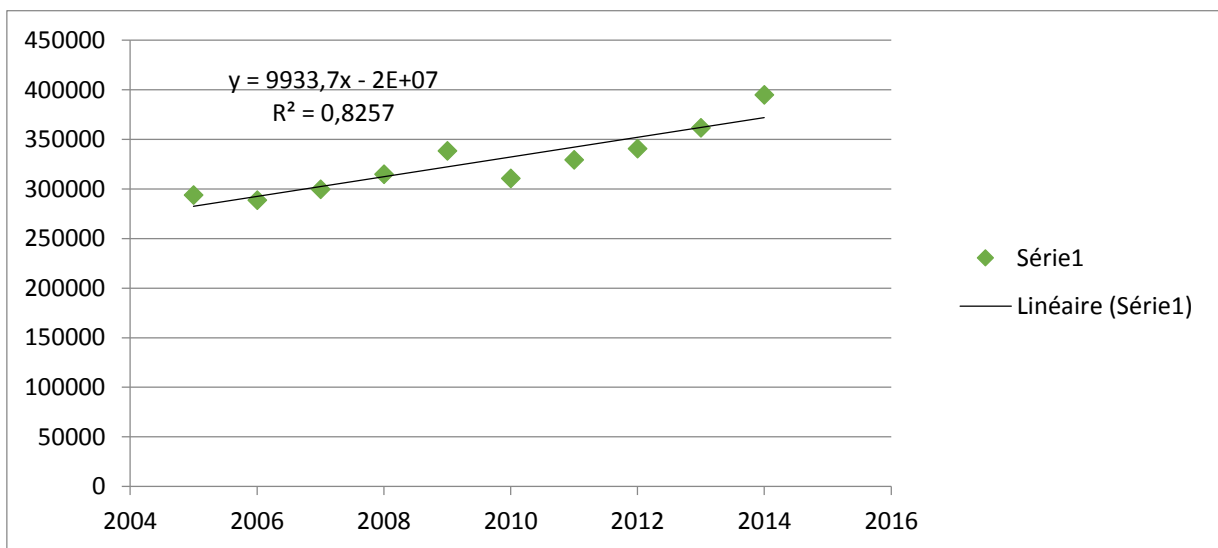


Figure (III-10): Graphe trafic pax International + domestique « arrivée »

Application numérique**Cas arrivée départ « International + domestique »**

$$b = 1580934/82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 19162,83$$

$$a = 664154 - 19162,83 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -37843552,89$$

$$\text{DONC } Y = -37843552,89 + 19162,83 T$$

$$r^2 = (1580934)^2 / (82,5 * 37815288494)$$

$$r^2 = 0,80 \quad \Rightarrow \quad \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	865363,715	961177,865

Cas départ « International + domestique »

$$b = 761405/82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 9229,15$$

$$a = 336822,6 - 9229,15 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -18209154,33$$

$$\text{DONC } Y = -18209154,33 + 9229,15 T$$

$$r^2 = (761405)^2 / (82,5 * 9128184926)$$

$$r^2 = 0,76 \quad \Rightarrow \quad \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	433728,675	479874,425

Cas arrivée « International + domestique »

$$b = 819529/82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 9933,68$$

$$a = 327331,4 - 9933,68 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -19634398,56$$

$$\text{DONC } Y = -19634398,56 + 9933,68 T$$

$$r^2 = (819529)^2 / (82,5 * 9859414446)$$

$$r^2 = 0,82 \quad \Rightarrow \quad \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de passagers	431635,04	481303,44

III.1 PREVISION DU TRAFIC AVION

Tableau 4 : (trafic domestique « avion »)

T	y	t_i	Y_i	t_i^2	Y_i^2	$t_i * Y_i$
	Mvt		Mvt		Mvt	Mvt
2005	5161	-4,5	-866,3	20,25	750475,69	3898,35
2006	4998	-3,5	-1029,3	12,25	1059458,49	3602,55
2007	5005	-2,5	-1022,3	6,25	1045097,29	2555,75
2008	5547	-1,5	-480,3	2,25	230688,09	720,45
2009	6458	-0,5	430,7	0,25	185502,49	-215,35
2010	5846	0,5	-181,3	0,25	32869,69	-90,65
2011	6772	1,5	744,7	2,25	554578,09	1117,05
2012	6815	2,5	787,7	6,25	620471,29	1969,25
2013	6802	3,5	774,7	12,25	600160,09	2711,45
2014	6869	4,5	841,7	20,25	708458,89	3787,65
Somme = 2009,5	60273			82,5	5787760,1	20056,5
Moyen = 2009,5	6027,3					

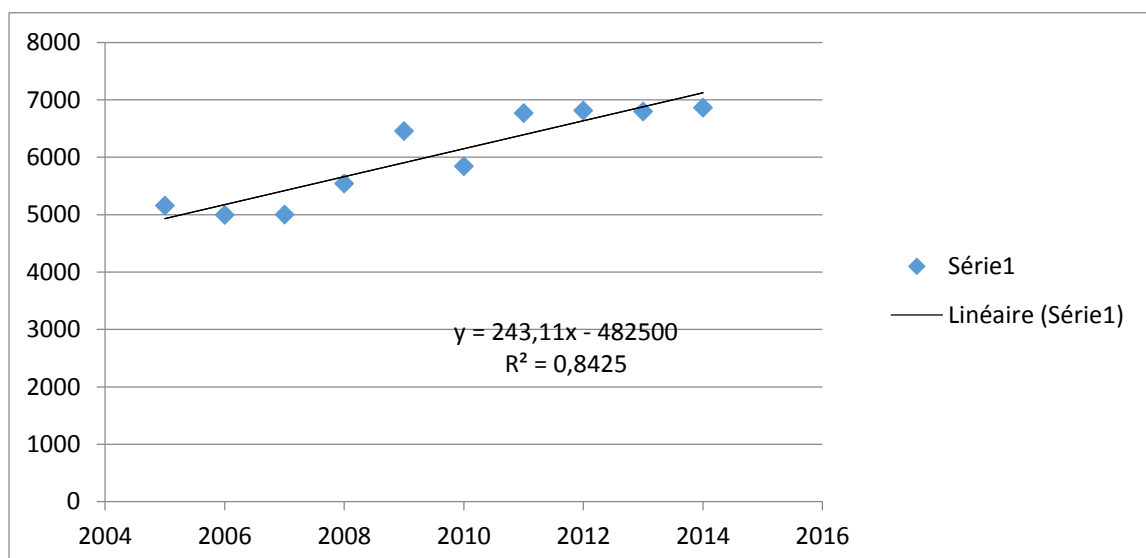


Figure (III-11) : Graphe trafic mouvement avion domestique

Application numérique

Cas MVT « domestique »

$$b = 20056,5/82,5 \quad \Rightarrow \quad b = 243,11$$

$$a = 6027,3 - 243,11 * 2009,5 \quad \Rightarrow \quad a = -482502,245$$

DONC $Y = -482502,245 + 243,11 T$

$$r^2 = (20056,5)^2 / (82,5 * 5787760,1)$$

$$r^2 = 0,84 \quad \Rightarrow \quad \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de d'avion	8579,955	9795,505

Tableau 5 : trafic International « avion »

<i>T</i>	<i>y</i>	<i>t_i</i>	<i>Y_i</i>	<i>t_i²</i>	<i>Y_i²</i>	<i>t_i * Y_i</i>
	<i>Mvt</i>		<i>Mvt</i>		<i>Mvt</i>	<i>Mvt</i>
2005	2955	-4,5	-264,9	20,25	70172,01	1192,05
2006	2954	-3,5	-265,9	12,25	70702,81	930,65
2007	2846	-2,5	-373,9	6,25	139801,21	934,75
2008	2799	-1,5	-420,9	2,25	177156,81	631,35
2009	2914	-0,5	-305,9	0,25	93574,81	152,95
2010	3054	0,5	-165,9	0,25	27522,81	-82,95
2011	3372	1,5	152,1	2,25	23134,41	228,15
2012	3597	2,5	377,1	6,25	142204,41	942,75
2013	3583	3,5	363,1	12,25	131841,61	1270,85
2014	4125	4,5	905,1	20,25	819206,01	4072,95
Somme = 20095	32199			82,5	1695316,9	10273,5
Moyen = 2009,5	3219,9					

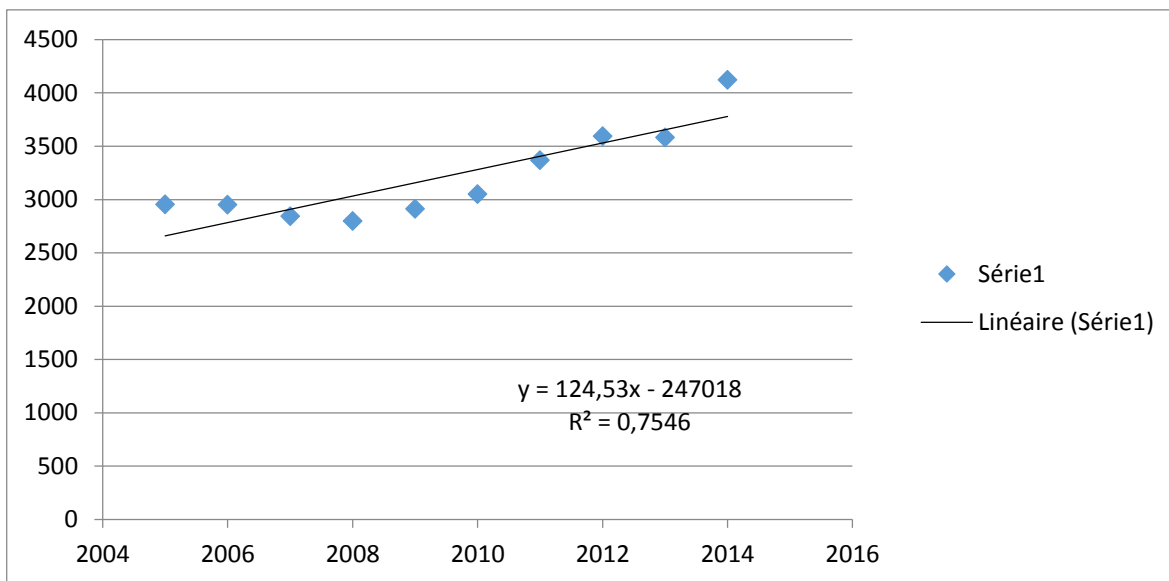


Figure (III-12) : Graphe trafic mouvement avion International

Cas MVT « International »

$$b = 10273,5/82,5 \implies b = 124,52$$

$$a = 3219,9 - 124,52 * 2009,5 \implies a = -247003,04$$

DONC $Y = -247003,04 + 124,52 T$

$$r^2 = (10273,5)^2 / (82,5 * 1695316,9)$$

$$r^2 = 0,75 \implies \text{Bonne adaptation}$$

Prévision pour 2020 et 2025

Année	2020	2025
Nombre de d'avion	4527,36	5149,96

III.2 ANALYSE DES DONNEES

D'après les résultats obtenus dans l'étude de la prévision des trafics « passager et avion » ; nous constatons une augmentation de ce dernier dans les prochaine années

	Avion	variation	Pax	Variation
2014	10994	-	664154	-
2020	13107,315	+1,19 % / 2014	865363,715	+1,30 % / 2014
2025	14945,465	+1,35 % / 2014	961177,865	+1,44 % / 2014

Cette évolution induira une progression du nombre de vols, ce qui nous pousse à faire une étude sur les capacités :

- Capacité piste
- Capacité parking.

CHAPITRE IV

Introduction

Le 4eme et le dernier chapitre contient la partie essentiel et l'objectif de notre étude On se réfère principalement au guide intitulé Capacité aéroportuaire tom 2, et le manuel d'exploitation technique des aéronefs en plus des données fournies par l'établissement national de la navigation aérienne de Constantine (ENNA).

On a débuté notre chapitre avec la partie « A », où on a traité les minimas d'espacement entre les aéronefs de différentes catégories, et les vitesses d'approche qui leur sont associées. Dans la partie « B » on étudie les cadences élémentaires et moyennes qui séparent les différents types d'avions, dans la partie « C » on traite le sujet en question qui est la méthode de calcul des capacités, qui détaille les différentes séquences (arrivée- arrivée, arrivée- départ, départ- arrivée et départ- départ).

Après avoir vu la méthode des calculs on passe à la partie « D » qui traite le calcul des capacités horaires et qui exprime la capacité maximale de l'aéroport de Constantine « MOHAMED BOUDIAF ». En fin on fait le calcul de capacité parking dans la partie « E » qui définit le nombre d'avions qui est possible de traiter tout en respectant le temps de traitement pour chaque type d'avion.

Tous ces calculs sont basés sur une méthode universelle utilisée en Europe et celle utilisée pour l'évaluation de la capacité de l'aérodrome de « PARIS CHARL DEGAULL » et aussi les données utilisées issues de l'AIP 2014, ainsi que des statistiques fournies par l'ENNA.

PARTIE A : Minima d'espacement et vitesse d'approche

IV.A.1 Introduction :

En étude de capacité, il est indispensable de prendre en considération les minima d'espacements entre les différents type d'avions, qui se présentent dans le calcul des cadences élémentaires et qui définissent les séparations minimale autorisées par l'Organisation International de l'Aviation Civil « OACI » dues à la turbulence de sillage, ainsi que les vitesses d'approche maximal autorisée a l'approche finale entre les différents type d'avions.

IV.A.2 Minima d'espacement dus aux turbulences de sillage :

IV.A.2.1 Minima d'espacement entre deux arrivées dus aux turbulences de sillage :

Les minima d'espacement résultants de la turbulence de sillage à appliquer entre deux aéronefs à l'arrivée sont explicités dans le tableau suivant [02] :

Tableau (IV-01) Minima d'espacement entre deux arrivées dus aux turbulences de sillage en seconde

Avion suiveur Avion de tête	Light MTOW ≤7t	Medium 7t ≤ MTOW ≤136	Heavy MTOW >136
Light	(*)	(*)	(*)
Medium	120s (180s)	(*)	(*)
Heavy	120s (180s)	120s (180s)	(*)
(*) : pas de contrainte d'espacement due à la turbulence de sillage MTOW : maximum take-off weight			

Les minima d'espacement radar résultant de la turbulence de sillage à prendre en compte entre deux aéronefs à l'arrivée en Nautique Mils sur la trajectoire d'approche finale, sont explicités dans le tableau suivant [02], et d'après le MTOW on distingue quatre types d'avions:

Tableau (IV-02) Minima d'espacement entre deux arrivées dus aux turbulences de sillage en NM

Avion suiveur Avion de tête	Type 1 (be-19)	Type 2 (ATR-72)	Type 3 (B-737)	Type 4 (IL-76)
Type 1 (MTOW) <7	(*)	(*)	(*)	(*)
Type 2 7t < (MTOW) <40t	4NM	3NM	3NM	(*)
Type3 40t < (MTOW) <136	4NM	3NM	3NM	(*)
Type 4 (MTOW) >136t	6NM	5NM	5NM	4NM
(*) : pas de contrainte d'espacement due à la turbulence de sillage MTOW : maximum take-off weight				

IV.A.2.2 Minima d'espacement entre deux départs dus aux turbulences de sillage :

Les minima d'espacements résultant de la turbulence de sillage à appliquer entre deux aéronefs au départ sont explicités dans le tableau suivant [02].

Les valeurs présentées entre parenthèses correspondant au cas de l'avion suiveur décollant d'une partie intermédiaire de la piste :

Tableau (IV-03) Minima d'espacement entre deux départs dus aux turbulences de sillage en secondes

Avion suiveur Avion de tête	Type 1 (be-19)	Type 2 (ATR-72)	Type 3 (B-737)	Type 4 (IL-76)
Type 1 (MTOW) <7	(*)	(*)	(*)	(*)
Type2 7t < (MTOW) < 40t	120s (180s)	120s (180s)	120s (180s)	(*)
Type3 40t < (MTOW) < 136	120s (180s)	120s (180s)	120s (180s)	(*)
Type4 (MTOW) > 136t	120s (180s)	120s (180s)	120s (180s)	120s (180s)
(*) : pas de contrainte d'espacement due à la turbulence de sillage MTOW : maximum take-off weight				

IV.A.3 Vitesse d'approche :

Les vitesses d'atterrissage font partie des paramètres d'utilisation du système de piste(s) par les différents types d'aéronefs. Les valeurs à prendre en compte, qui représentent les vitesses moyennes sur la trajectoire d'approche finale des différents types d'aéronefs, peuvent être extraites des manuels de vol ou d'exploitation, ou mesurées in situ. Les valeurs suivantes sont couramment utilisées.[10]

Valeurs caractéristiques :

Tableau (IV-04) Vitesse moyenne en finale en kts

	Type1 (Be-19)	Type2 (ATR-72)	Type3 (B-737)	Type4 (IL-76)
Vitesse moyenne en finale (kts)	90	120	150	160

IV.A.4 Scenario piste :

L'aéroport de Constantine « Mohamed Boudiaf » est desservi par deux pistes :

- 16/34 « piste principale »
- 14/32 « piste secondaire »

Les caractéristiques de chacune d'elles sont jointes dans la présentation de l'aérodrome.

Scénario :

Chaque piste peut être utilisée pour un décollage ou un atterrissage.

Comme à l'aéroport de Constantine il y a 2 pistes, on combine entre les deux pistes convergentes; c'est-à-dire la principale est utilisée pour les décollages alors que la secondaire est utilisée pour les atterrissages.

Exemple :

Lorsque le QFU 32 est utilisé pour les atterrissages, le QFU 16 est utilisé pour les décollages.

Tableau (IV, 05) les différents scénarios sur les 2 pistes

	Piste	Décollage	Atterrissage
scenario 1	16 /34	16	34
	14/32	14	32
scenario 2	16/34	16	34
	14/32	14	32

Remarque :

On ne peut jamais combiner entre deux décollages pour le QFE 32 et 34 à la fois, car les procédures de décollage ne le permettent pas.

IV.A.5 Distances entre les seuils des pistes est vois de sortie : [04]

(Voire le plan joint dans l'annexe)

Tableau (IV, 06) les différents distances entre les seuils d'exploitation et les bretelles de sortie

	QFU 32	QFU 34
Distance du seuil d'exploitation à la sortie C1	1710 m	
Distance du seuil d'exploitation à la sortie C2	2400 m	
Distance du seuil d'exploitation à la sortie B2		900 m
Distance du seuil d'exploitation à la sortie AB		1845 m
Distance du seuil d'exploitation à la sortie B		3000 m

IV.A.6 Temps d'occupation de piste**IV.A.6.1 Temps d'occupation de piste au départ :**

Une autorisation de décollage ne peut être délivrée à un aéronef tant que celui qui le précède n'a pas franchi l'extrémité de la piste en service ou amorcé un virage [02].

Le temps d'occupation de piste au départ peut être calculé (voir méthode ci-après) ou mesuré in - situ.

Dans la méthode de calcul explicitée ci-dessous, le temps d'occupation de piste par l'avion au départ ne prend pas en compte le temps de trajet ' point d'attente - seuil d'exploitation Cette durée peut être ajoutée aux cadences élémentaires 'départs - départs'.

1- Méthode de calcul:***Hypothèses :***

Le temps d'occupation de piste au départ (*TOP*) et les données nécessaires à son calcul dépendent du type d'avion considéré.

Le temps mis par un avion pour passer de la vitesse V_1 (en *kts*) à la vitesse V_2 à accélération constante sur une distance D (en m) est :

$$T_1 = 4D / (V_1 + V_2) \quad \text{(IV.1)}$$

Le temps mis par un avion pour parcourir une distance D (en m) à une vitesse V (en kts) est :

$$T_2 = 2D/V \quad (IV.2)$$

Calcul de TOP :

❖ **Schéma de principe :**

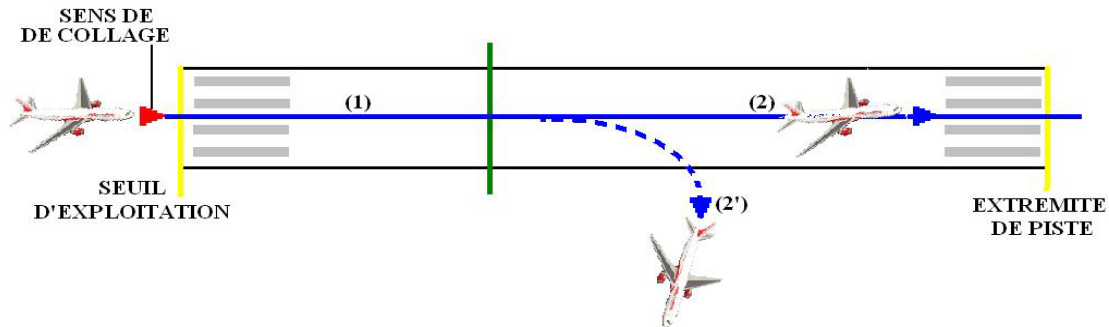


Figure (IV-01) Schéma de principe de calcul de TOP en cas de départ

(1) : Accélération constante, la vitesse variant de 0 à la vitesse de décollage sur une distance égale à la distance de décollage

(2) : Survol jusqu'à l'extrémité de piste à la vitesse de décollage

(2') : Virage après décollage

❖ **Formulation :**

$$TOP = 4Dd/Vd + 2(L - Dd)/Vd \quad \text{ou : (Si décollage dans l'axe de piste)} \quad (IV.3)$$

$$TOP = 4Dd/Vd + Tdv \quad \text{(Si virage dégagement avant l'extrémité de piste)} \quad (IV.4)$$

Avec : L (En mètres) = longueur de piste.

Dd (En mètres) = distance de décollage

Vd (En mètres) = vitesse de décollage

Tdv = temps de dégagement en vol de l'axe de piste

Application sur les pistes de l'aérodrome de Constantine « Mohamed Boudiaf » :

La première piste a une longueur de 3000 m ($L = 3000$ m) et la 2ème de 2400 m ($L = 2400$ m).

Le temps moyen de dégagement avant l'extrémité des pistes est « $Tdv = 30$ secondes » - mesuré in situ -, et ce pour tous les types d'avion.

Les distances de décollage et les vitesses de décollage sont prises du manuel d'identification des avions

Application numérique :**IV.A.6.1.1 Le décollage est dans l'axe de piste :**

$$TOP = 4 Dd / Vd + 2(L - Dd) / Vd \quad (\text{IV.5})$$

Top sans virage piste 16/34*Tableau (IV-07) Valeurs du TOP Si le décollage est dans l'axe de piste*

Type d'avion	Dd (m)	Vd (Kts)	L (m)	TOP (s)
Type 1 (Be-19)	700	100	3000	74
Type 2 (ATR-72)	1400	130	3000	68
Type 3 (B-737)	1800	160	3000	60
Type 4 (IL-76)	2000	170	3000	59

TOP Sans virage piste 14/32*Tableau (IV-08) Valeurs du TOP Si le décollage est dans l'axe de piste*

Type d'avion	Dd (m)	Vd(Kts)	L (m)	TOP (s)
Type 1 (Be-19)	700	100	2400	62
Type 2 (ATR-72)	1400	130	2400	58
Type 3 (B-737)	1800	160	2400	53
Type 4 (IL-76)	2000	170	2400	52

IV.A.6.1.2 Virage de dégagement avant l'extrémité de piste

$$TOP = 4Dd / Vd + Tdv \quad (\text{IV.6})$$

TOP Avec virage piste 16/34

Tableau (IV-09) Valeurs du TOP Si virage de dégagement avant l'extrémité de piste

Type d'avion	Dd (m)	Vd (Kts)	Tdv (s)	TOP(s)
Type 1 (Be-19)	700	100	30	58
Type 2 (ATR-72)	1400	130	30	73
Type 3 (B-737)	1800	160	30	75
Type 4 (IL-76)	2000	170	30	77

TOP Avec virage piste 14/32*Tableau (IV-10) Valeurs du TOP Si virage de dégagement avant l'extrémité de piste*

Type d'avion	Dd (m)	Vd (Kts)	Tdv (s)	TOP (s)
Type 1 (Be-19)	700	100	30	58
Type 2 (ATR-72)	1400	130	30	73
Type 3 (B-737)	1800	160	30	75
Type 4 (IL-76)	2000	170	30	77

IV.A.6.2 Temps d'occupation de piste à l'arrivée :

Une autorisation d'atterrissage ou de décollage ne peut être délivrée à un aéronef si un aéronef à l'arrivée qui le précède n'a pas dégagé la piste en service, hormis le cas où les espacements peuvent être réduits [02], le temps d'occupation de piste à l'arrivée peut être calculé (voir la méthode ci-dessous) ou mesuré in -situ.

1- Méthode de calcul:

· Hypothèses :

Le temps d'occupation de piste à l'arrivée (*TOP*) et les données nécessaires à son calcul dépendent du type d'avion considéré. Chaque type d'avion est affecté à une bretelle de sortie.

Après la phase (2) de stabilisation de l'avion au sol (voir schéma de principe ci-après), l'avion décélère de manière uniforme afin d'atteindre la bretelle de sortie à la vitesse spécifiée.

· **Calcul de TOP :**

Schéma de principe:

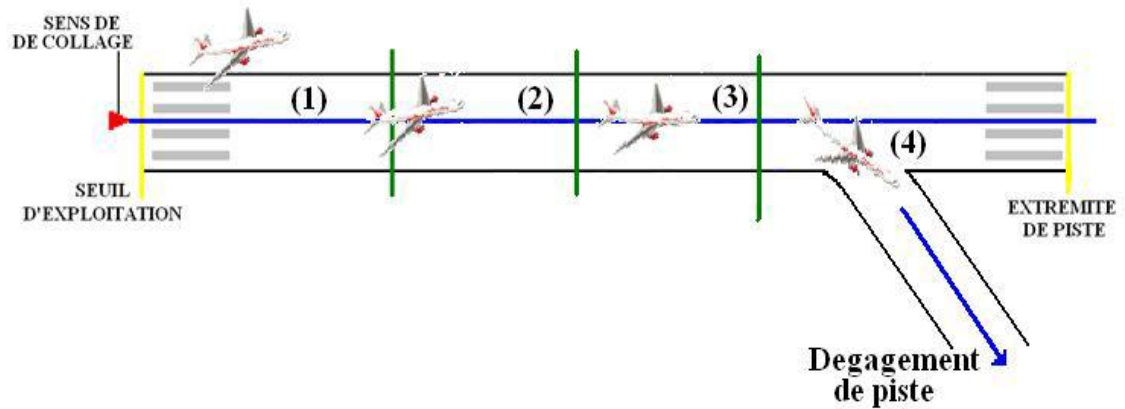


Figure (IV-02) Schéma de principe de calcul de TOP en cas d'arrivée

(1) : Survol de la piste à décélération constante (de la vitesse de passage au seuil à la vitesse de toucher des roues) du seuil d'exploitation au point de toucher des roues

(2) : Roulage à vitesse constante (vitesse de toucher des roues) pour stabiliser **l'avion**

(3) : Freinage à décélération constante (de la vitesse de toucher des roues à la vitesse de sortie) jusqu'à la sortie de piste

(4) : Roulage à vitesse constante (vitesse de sortie) de l'axe de piste au point de dégagement

❖ Formulation :

$$TOP = 4D_s / (V_s + V_t) + 2D_{s_t} / V_t + 4(db - D_{s_t} - D_s) / (V_t + V_s) + 2dag \cdot \sin(\text{axe, bretelle}) / V_s \quad (\text{IV.7})$$

Avec :

- V_s (en Kts) = vitesse de passage au seuil d'exploitation
- D_s (en mètres) = distance de vol du seuil d'exploitation au point de toucher des roues
- V_t (en Kts) = vitesse de toucher des roues
- D_{s_t} (en mètres) = distance nécessaire à la stabilisation de l'avion
- db (en mètres) = distance du seuil d'exploitation à la bretelle de sortie à laquelle l'avion est affecté
- dag (en mètres) = distance perpendiculaire entre l'axe de piste et le point de dégagement
- $\sin(\text{axe, bretelle})$ = sinus de l'angle entre l'axe de piste et la bretelle de sortie

- V_s (en Kts) = vitesse de sortie
- V_r (en Kts) = vitesse de roulage sur la piste

Application sur les pistes de l'aérodrome de Constantine « Mohamed Boudiaf »

La première piste a une longueur de 3000 m ($L=3000$ m) et la 2ème de 2400m ($L=2400$)
 .chaque piste contient des sorties

- **Piste 32** : 2 sorties droite (C1, C2)
- **Piste 34** : 3 sorties droite (B2, AB, et B)

Application numérique

QFU 32 :

On a pour les différents dégagements les valeurs suivantes :

Dégagement par C1 :

$$db = 1710 \text{ m} \quad V_s = 10 \text{ kts} \quad \text{angle (axe, bretelle)} = 90^\circ$$

Dégagement par C2 :

$$db = 2400 \text{ m} \quad V_s = 10 \text{ kts} \quad \text{angle (axe, bretelle)} = 90^\circ$$

Tableau (IV-11) le TOP à l'arrivée pour la piste 32

Type d'Avion Valeur	V_s (Kts)	D_s (m)	V_t (Kts)	D_{s_t} (m)	Dag (m)	V_s (Kts) et Angle (axe, bretelle)	V_r (Kts)	TOP(s) « C1 »	TOP(s) « C2 »
Type 1(Be-19)	75	200	70	175	90	10 kts si sortie droite (90°) 55 kts si sortie rapide à 30°	15	95	130
Type 2(ATR72)	105	400	100	250	90		15	69	94
Type 3 (B-737)	135	500	130	325	90		15	56	76
Type 4 (IL-76)	140	550	135	340	120		15	64	83

QFU 34 :

On a pour les différents dégagements les valeurs suivantes :

Dégagement par B2 :

$$db = 900 \text{ m} \quad V_s = 10 \text{ kts} \quad \text{angle (axe, bretelle)} = 90^\circ$$

Dégagement par AB :

$$db = 1845 \text{ m} \quad V_s = 10 \text{ kts} \quad \text{angle (axe, bretelle)} = 90^\circ$$

Dégagement par B :

$$db = 3000 \text{ m} \quad V_s = 10 \text{ kts} \quad \text{angle (axe, bretelle)} = 90^\circ$$

Tableau (IV-12) le TOP à l'arrivée pour la piste 34

Type d'avion Valeur	V_s (Kts)	D_s (m)	V_t (Kts)	D_{s_t} (m)	Dag (m)	V_s (Kts) et Angle (axe, bretelle)	V_r (Kts)	TOP s « B2 »	TOP s « AB »
Type 1(Be-19)	75	200	70	175	90	10 kts si sortie droite (90°) 55 kts si sortie rapide à 30°	15	55	102
Type 2(ATR-72)	105	400	100	250	90		15	40	74
Type 3(B-737)	135	500	130	325	90		15	33	60
Type 4(IL-76)	140	550	135	340	120		15	41	67

Partie B les cadences

IV.B.1 Cadences élémentaires :

Les cadences élémentaires sont définies pour chaque séquence ('arrivée - arrivée', 'arrivée - départ', 'départ - arrivée' et 'départ - départ') en fonction des catégories des avions de tête et de queue.

Elles représentent la **durée entre deux passages successifs au seuil de piste**. Elles sont saisies directement par l'utilisateur ou calculées à partir de paramètres opérationnels saisis par l'utilisateur.

Représentation des cadences :

Les cadences élémentaires 'arrivée - arrivée' sont représentées par la matrice 4 x 4

$A = [a_{ij}]$ ou a_{ij} (en secondes) = espacement minimal de deux arrivées de type i et j au seuil de piste.

Les cadences élémentaires 'arrivée - départ' sont représentées par la matrice 4 x 4

$B = [b_{ij}]$ ou b_{ij} (en secondes) = espacement minimal entre une arrivée de type i et un départ de type j au seuil de piste.

Les cadences élémentaires 'départ - arrivée' sont représentées par la matrice 4 x 4

$C = [c_{ij}]$ ou c_{ij} (en secondes) = espacement minimal entre un départ de type i et une arrivée de type j au seuil de piste.

Les cadences élémentaires 'départ - départ' sont représentées par la matrice 4 x 4

$D = [d_{ij}]$ ou d_{ij} (en secondes) = espacement minimal de deux départs de type i et j au seuil de piste.

IV.B.1.1 Calcul des cadences élémentaire à partir des procédures

IV.B.1.1.1 Cadences élémentaires 'arrivée - arrivée' :

Règle :

L'espacement minimal à appliquer au seuil de piste entre deux avions à l'arrivée dépend :

- De l'espacement longitudinal minimal dû à la qualité de la surveillance qui doit être appliqué sur la trajectoire d'approche finale.
- Du temps d'occupation de piste de l'avion de tête et du temps mis par l'avion suiveur pour aller de la limite d'autorisation d'atterrir en amont d'un point fictif, situé à une distance spécifiée par rapport au seuil, lorsque l'avion de tête a dégagé la piste. La position de ce point dépend du type d'approche IFR, qui peut être de précision ou non.

Méthode de calcul:Calcul de a_{ij} :

• 1er cas :

 $Va_i < Va_j$: L'avion suiveur rattrape l'avion de tête Va_i (En kts) = vitesse moyenne sur la trajectoire d'approche finale de l'avion de type i .L'espace m_{ij} peut être appliqué au seuil de piste

$$a_{ij} = \max (3600 * m_{ij} / Va_j , 3600 * LAA / Va_j + TOP_i) \quad (IV.8)$$

Avec :

$$m_{ij} \text{ (En NM)} = \max (E , TS_{ij})$$

E (En NM) = espace longitudinal minimal lié à la qualité de la surveillance(Radar).

TS_{ij} (En NM) = espace longitudinal minimal des avions types i et j dû à la turbulence de sillage

$$TOP_i \text{ (En s)} = \text{temps d'occupation de piste à l'arrivée de l'avion de type } i$$

$$LAA \text{ (En NM)} = \text{distance entre la limite d'autorisation d'atterrir et le seuil. [09]}$$

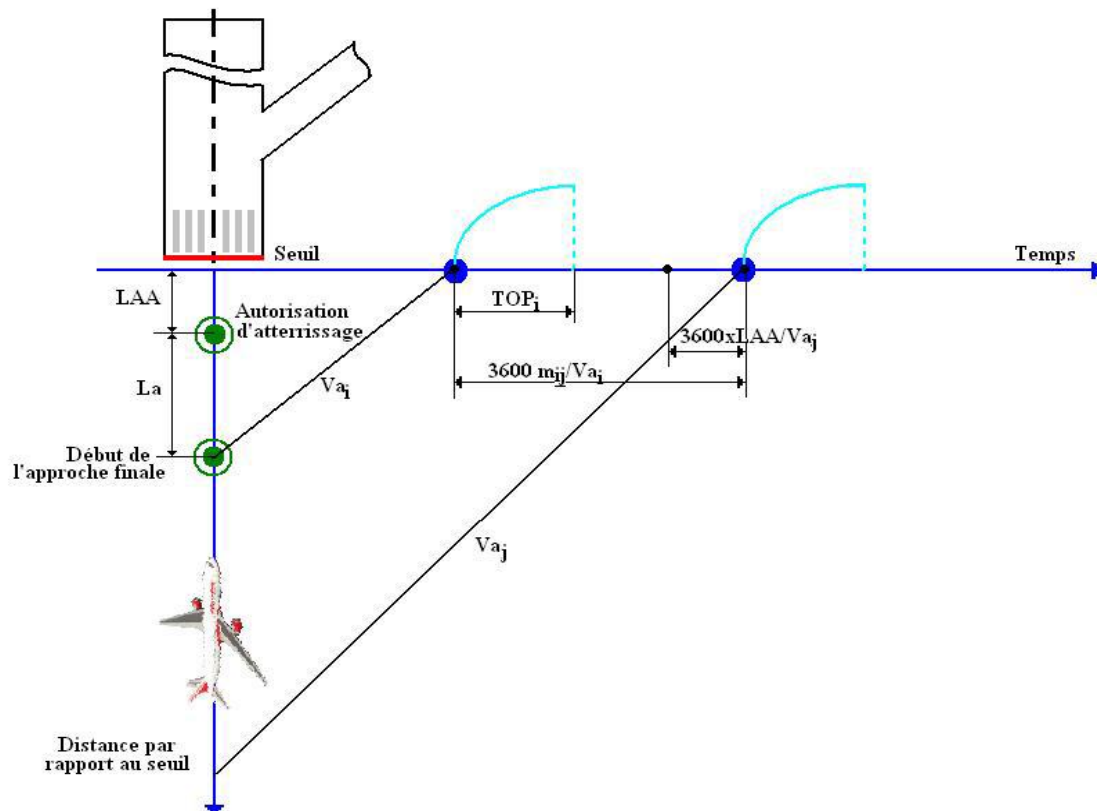


Figure (IV-03/A) Diagramme temps-distances (cas d'une piste unique)

• 2eme cas:

$V_{a_i} > V_{a_j}$. L'avion de tête est plus rapide que l'avion suiveur

V_{a_i} (En kts) = vitesse moyenne sur la trajectoire d'approche finale de l'avion de type i .

L'espaceur minimal m_{ij} doit donc être appliqué dès le début de l'approche finale.

$$a_{ij} = \max (3600 * m_{ij} / V_{a_i} + La (1 / V_{a_j} - 1 / V_{a_i}), 3600 * LAA / V_{a_j} + TOP_i)$$

(IV.9)

Avec :

$$m_{ij} \text{ (En NM)} = \max (E, TS_{ij})$$

E (En NM) = espaceur longitudinal minimal lié à la qualité de la surveillance.

TS_{ij} (En NM) = espaceur longitudinal minimal des avions types i et j dû à la

turbulence de sillage.

La (En NM) = longueur de la trajectoire d'approche finale.

TOP_i (En s) = temps d'occupation de piste à l'arrivée de l'avion de type i

LAA (En NM) = distance entre la limite d'autorisation d'atterrir et le seuil.

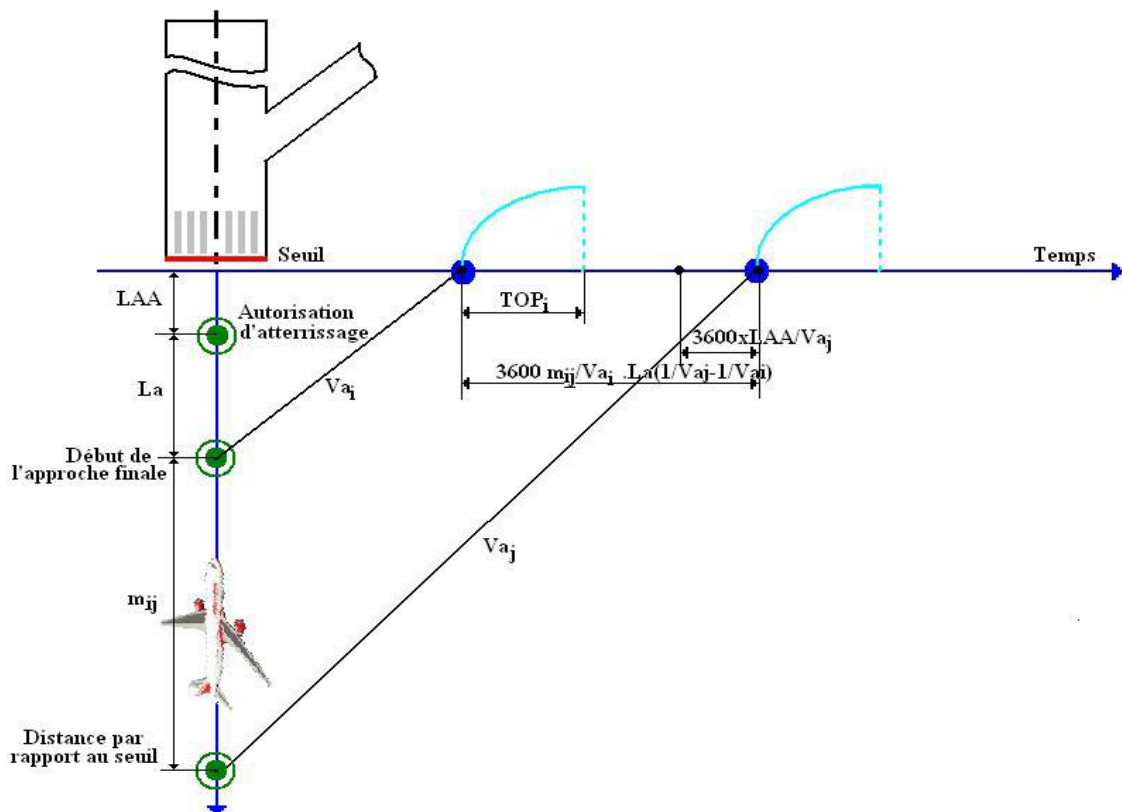


Figure (IV-03/B) Diagramme temps-distances (cas d'une piste unique)

IV.B.1.1.2 Cadences élémentaires 'arrivée - départ' :**Règle :**

L'espacement minimal à appliquer au seuil de piste entre un avion à l'arrivée et un avion au départ dépend :

- du temps d'occupation de piste de l'avion de tête (l'avion suiveur peut être autorisé à décoller lorsque l'avion de tête a dégagé la piste)
- L'espacement minimal dû à la turbulence de sillage, en cas de seuil décalé.

Méthode de calcul :

Calcul de b_{ij} :

$$b_{ij} = \max (TOP_i, s_{ij}) \quad (\text{IV.10})$$

Avec :

TOP_i = temps d'occupation de piste à l'arrivée de l'avion de type i .

$$s_{ij} \begin{cases} = ts_{ij} \text{ s'il existe un seuil d'exploitation décalé} \\ = 0 \text{ si non} \end{cases}$$

ts_{ij} = espacement minimal des avions de types i et j dû à la turbulence de sillage

IV.B.1.1.3 Cadences élémentaires 'départ - arrivée' :**Règle :**

Les arrivées sont prioritaires à partir d'un point fictif, situé en amont du seuil de piste, appelé « **Verrou** ». Sa position dépend des catégories d'avions en présence.

L'espacement minimal à appliquer entre un avion au départ et un avion à l'arrivée correspond donc à **la distance entre le verrou et le seuil de piste**.

Méthode de calcul :

Calcul de c_{ij} :

$$c_{ij} = 3600 * X_{ij} / Va_j \quad (\text{IV.11})$$

Avec :

X_{ij} (En NM) = distance entre le verrou, et le seuil de la piste.

Va_j (En kts) = vitesse moyenne sur la trajectoire d'approche finale de l'avion de queue. [09]

IV.B.1.1.4 Cadences élémentaires 'départ - départ' :**Règle :**

L'espacement minimal à appliquer au seuil de piste entre deux avions au départ dépend :

- du temps d'occupation de piste par l'avion de tête (une autorisation de décollage ne peut être délivrée tant que l'avion qui le précède n'a pas franchi l'extrémité de la piste en service ou amorcé un virage).
- De l'espacement minimal dû à la turbulence de sillage qui doit être appliqué au point d'attente.
- Des autres contraintes d'espacement dues à la qualité de surveillance, au mode de séparation (vertical, longitudinal), aux routes utilisées (divergentes ou non).

Méthode de calcul :

Calcul de d_{ij} :

$$d_{ij} = \max (TOP_i, ts_{ij}, e_{ij}) \quad (\text{IV.12})$$

Avec :

TOP_i (En s) = temps d'occupation de piste au départ d'un avion de type i .

ts_{ij} (En s) = espacement minimal des avions de types i et j dû à la turbulence de sillage

e_{ij} (En s) = autres contraintes d'espacement des avions de types i et j liées à la qualité de la surveillance, au mode d'espacement (vertical, longitudinal), au routage (divergentes ou non).

IV.B.2 Cadences moyennes :

Une cadence moyenne est calculée pour chaque séquence. Elle représente la durée moyenne, exprimée en secondes, entre deux arrivées successives, deux départs successifs, une arrivée et un départ successifs ou un départ et une arrivée successifs.

Méthode de calcul:

$$\text{Cadence moyenne 'arrivée - arrivée'} = {}^t P . A . P = t_a \quad (\text{IV.13})$$

$$\text{Cadence moyenne 'arrivée - départ'} = {}^t P . B . P = t_{ad} \quad (\text{IV.14})$$

$$\text{Cadence moyenne 'départ - arrivée'} = {}^t P . C . P = t_{da} \quad (\text{IV.15})$$

$$\text{Cadence moyenne 'départ - départ'} = {}^t P . D . P = t_d \quad (\text{IV.16})$$

Avec :

$P = [P_i]$ = matrice 1*4 où P_i ($i = 1$ à 4) = proportion des avions de type i par rapport au volume total de trafic.

${}^t P$: La matrice transposée de la matrice P

IV.B.3 Application

IV.B.3.1 Calcul des cadences élémentaires (Application sur la piste 16/34) :

Pour le calcul des cadences élémentaire, on prend le cas le plus échéant, c.-à-d. lorsqu'un avion atterrit il dégage par la sortie AB et un espacement longitudinale minimal de 7NM en utilisant les vitesses d'approche final suivant :

Tableau (IV-13) Vitesse moyenne en finale en kts

	Type 1 (Be-58)	Type 2 (ATR-72)	Type 3 (B-737)	Type 4 (IL-76)
Vitesse moyenne en finale (kts)	90	120	150	160

Avec les distances suivantes :

LAA= 7NM et La= 9 NM

➤ Cadence élémentaire 'arrivée-arrivée'

- 1^{er} cas : $Va_i \leq Va_j$

$$a_{ij} = \max (3600 * m_{ij} / Va_j, 3600 * LAA / Va_j + TOP_i) \quad (\text{IV.17})$$

- 2^{ème} cas : $Va_i > Va_j$

$$a_{ij} = \max (3600 * m_{ij} / Va_j + La(1/Va_j - 1/Va_i), 3600 * LAA / Va_j + TOP_i) \quad (\text{IV.18})$$

Construction de la matrice A= [a_{ij}] :

On prend par exemple le a₁₂= ?

Va₁=90 kts et Va₂=120kts Va₂<Va₁ donc on se trouve au 1^{er} cas on utilise la formule :

$$a_{12} = \max (3600 * m_{12} / Va_2, 3600 * LAA / Va_2 + TOP_1) \quad (\text{IV.19})$$

m₁₂=7NM

Va₂= 120 (vitesse d'approche de l'avion de type 2)

LAA= 7NM (distance entre la limite d'autorisation d'atterrir et le seuil.)

TOP₁=102 (le temps d'occupation de piste à l'arrivée de l'avion de type 1)

Application numérique :

$$a_{12} = \max (210, 312) \quad \text{on prend} \quad a_{12} = 312$$

$$A = \begin{bmatrix} 382 & 312 & 270 & 259,5 \\ 354 & 284 & 242 & 231,5 \\ 340 & 270 & 228 & 217,5 \\ 347 & 277 & 235 & 224,5 \end{bmatrix}$$

➤ **Cadences élémentaires ‘arrivée-départ’ :**

$$b_{ij} = \text{Max}(TOP_i ; s_{ij}) \quad (\text{IV.20})$$

Dans notre cas on n’a pas de seuil décalé donc $s_{ij} = 0$ quel que soit i et j

Construction de la matrice $B = [b_{ij}]$:

$$B = \begin{bmatrix} 102 & 102 & 102 & 102 \\ 74 & 74 & 74 & 74 \\ 60 & 60 & 60 & 60 \\ 67 & 67 & 67 & 67 \end{bmatrix}$$

➤ **Cadence élémentaires ‘départ-arrivée’ :**

Dans notre cas le verrou se trouve à une distance de 5 NM pour n’importe quel type d’appareil donc $X_{ij} = 5$ NM

$$c_{ij} = 3600 * X_{ij} / Va_j \quad (\text{IV.21})$$

Construction de la matrice $C = [c_{ij}]$

$$C = \begin{bmatrix} 200 & 150 & 120 & 112,5 \\ 200 & 150 & 120 & 112,5 \\ 200 & 150 & 120 & 112,5 \\ 200 & 150 & 120 & 112,5 \end{bmatrix}$$

➤ **Cadence élémentaire ‘départ-départ’ :**

$$d_{ij} = \text{Max}(TOP_i, ts_{ij}) \quad (\text{IV.22})$$

Construction de la matrice $D = [d_{ij}]$

On prend le cas où les avions dégagent sur l’axe de piste.

$$D = \begin{bmatrix} 74 & 74 & 74 & 74 \\ 120 & 120 & 120 & 68 \\ 120 & 120 & 120 & 60 \\ 120 & 120 & 120 & 59 \end{bmatrix}$$

IV.B.3.2 Cadences moyennes de la piste 34

Pour déterminer les cadence moyennes, on applique les formules (IV, 13), (IV, 14), (IV, 15), (IV, 16). et pour cela on a besoin de la matrice de proportion des avions de type i par rapport au volume total du trafic de l’heure la plus dense de la journée type.

La journée type est la journée la plus dense en trafic que l’aérodrome a pu connaître au cours d’une année. Pour l’année 2014 l’aéroport de Constantine a marqué un trafic

maximal de 65 mouvements pour la journée du **Dimanche 29/09/2014**, le tableau suivant illustre les heures de décollages ou bien atterrissage [13]

Tableau (IV-14) présentation de la journée type

Tranche d'horaire	Trafic		Nombre de mouvement
	Arrivée	Départ	
00h00 - 00h59	0	1	1
01h00 - 01h59	0	0	0
02h00 - 02h59	0	0	0
03h00 - 03h59	1	0	1
04h00 - 04h59	0	1	1
05h00 - 05h59	0	0	0
06h00 - 06h59	0	2	2
07h00 - 07h59	1	0	1
08h00 - 08h59	3	5	8
09h00 - 09h59	4	1	5
10h00 - 10h59	4	5	9
11h00 - 11h59	1	1	2
12h00 - 12h59	1	2	3
13h00 - 13h59	3	1	4
14h00 - 14h59	1	4	5
15h00 - 15h59	2	1	3
16h00 - 16h59	4	1	5
17h00 - 17h59	1	3	4
18h00 - 18h59	3	3	6
19h00 - 19h59	1	0	1
20h00 - 20h59	0	1	1
21h00 - 21h59	0	1	1
22h00 - 22h59	1	0	1
23h00 - 23h59	1	0	1
Nombre de mouvement total de la journée			65

D'après le tableau précédent on observe qu'il y'a eu plus de mouvement avions de 10 H à 11 H. et ces mouvement sont détaillé dans le tableau suivant :

Tableau (IV-15) les catégories d'avion de la journée type

Type	MTOW (kg)	Catégorie	arrivée	Départ
Be -20	6000	1	1	0
ATR-72	22000	2	2	1
B738	77000	3	1	2
IL-76	19000	4	0	1
A343	27500	4	1	0

Nombre de mouvement : **9 mouvements**

Dont :

- 5 départs
- 4 arrivées

Type d'appareils :

Type 1 :1	soit : 1/9
Type 2 :3	soit : 3/9
Type 3 :3	soit : 3/9
Type 4 :2	soit : 2/9

Construction de la matrice P

Soit $P = [P_i]$ -la matrice 1 x 4 où P_i ($i = 1$ à 4)- la proportion des avions de type i par rapport au volume total du trafic de 10 h à 11 h.

$$\text{Donc } P = \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$\text{Soit } {}^tP = [1/9 \quad 3/9 \quad 3/9 \quad 2/9]$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « Arrivée-Arrivée » :**

Soit « t_a » la cadence moyenne 'A – A'

$$t_a = {}^tP . A . P \quad (\text{IV.23})$$

$$t_a = [1/9 \quad 3/9 \quad 3/9 \quad 2/9] \times \begin{bmatrix} 382 & 312 & 270 & 259,5 \\ 354 & 284 & 242 & 231,5 \\ 340 & 270 & 228 & 217,5 \\ 347 & 277 & 235 & 224,5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_a = \mathbf{263 \text{ s}}$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « Arrivée-départ » :**

Soit « t_{ad} » la cadence moyenne 'A – D'

$$t_{ad} = {}^tP . B . P \quad (\text{IV.24})$$

$$t_{ad} = [1/9 \quad 3/9 \quad 3/9 \quad 2/9] \times \begin{bmatrix} 102 & 102 & 102 & 102 \\ 74 & 74 & 74 & 74 \\ 60 & 60 & 60 & 60 \\ 67 & 67 & 67 & 67 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_{ad} = \mathbf{71 \text{ s}}$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « départ-Arrivée » :**

Soit « t_{da} » la cadence moyenne ‘ $D - A$ ’

$$t_{da} = {}^t P . C . P \quad (\text{IV.25})$$

$$t_{da} = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 200 & 150 & 120 & 112,5 \\ 200 & 150 & 120 & 112,5 \\ 200 & 150 & 120 & 112,5 \\ 200 & 150 & 120 & 112,5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_{da} = 137 \text{ s}$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « départ-départ » :**

Soit « t_d » la cadence moyenne ‘ $D - D$ ’

$$t_d = {}^t P . D . P \quad (\text{IV.26})$$

$$t_d = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 74 & 74 & 74 & 74 \\ 120 & 120 & 120 & 68 \\ 120 & 120 & 120 & 60 \\ 120 & 120 & 120 & 120 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_d = 107 \text{ s}$$

IV.B.3.3 Calcul des cadences élémentaires (application sue la piste 14/32)

➤ **Cadence élémentaire ‘arrivée-arrivée’ [09]**

- 1^{er} cas : $Va_i \leq Va_j$

$$a_{ij} = \max (3600 * m_{ij} / Va_j, 3600 * LAA / Va_j + TOP_i) \quad (\text{IV.27})$$

- 2^{ème} cas : $Va_i > Va_j$

$$a_{ij} = \max (3600 * m_{ij} / Va_j + La(1/Va_j - 1/Va_i), 3600 * LAA / Va_j + TOP_i) \quad (\text{IV.28})$$

Construction de la matrice $A = [a_{ij}]$:

$$A = \begin{bmatrix} 375 & 305 & 263 & 252,5 \\ 349 & 279 & 237 & 226,5 \\ 336 & 266 & 224 & 213,5 \\ 344 & 274 & 232 & 221,5 \end{bmatrix}$$

➤ **Cadences élémentaires ‘arrivée-départ’ :**

$$b_{ij} = \text{Max}(TOP_i ; s_{ij}) \quad (\text{IV.29})$$

Dans notre cas on n’a pas de seuil décalé donc $s_{ij} = 0$ quel que soit i et j

Construction de la matrice $B = [b_{ij}]$:

$$B = \begin{bmatrix} 95 & 95 & 95 & 95 \\ 69 & 69 & 69 & 69 \\ 56 & 56 & 56 & 56 \\ 64 & 64 & 64 & 64 \end{bmatrix}$$

➤ **Cadence élémentaires ‘départ-arrivée’ :**

Dans notre cas le verrou se trouve à une distance de 6 NM pour n’importe quel type d’appareil donc $X_{ij} = 6 \text{ NM}$

$$c_{ij} = 3600 * X_{ij} / Va_j \quad (\text{IV.30})$$

Construction de la matrice $C = [c_{ij}]$

$$C = \begin{bmatrix} 240 & 180 & 144 & 135 \\ 240 & 180 & 144 & 135 \\ 240 & 180 & 144 & 135 \\ 240 & 180 & 144 & 135 \end{bmatrix}$$

➤ **Cadence élémentaire ‘départ-départ’ :**

$$d_{ij} = \text{Max} (TOP_i, ts_{ij}) \quad (\text{IV.31})$$

On prend le cas où les avions dégagent sur l’axe de piste.

Construction de la matrice $D = [d_{ij}]$

$$D = \begin{bmatrix} 62 & 62 & 62 & 62 \\ 120 & 120 & 120 & 58 \\ 120 & 120 & 120 & 53 \\ 120 & 120 & 120 & 120 \end{bmatrix}$$

IV.B.3.4 Cadence moyennes de la piste 32

➤ **Calcul de cadence moyenne « Arrivée-Arrivée » :**

Soit « t_a » la cadence moyenne ‘A – A’

$$t_a = {}^t P . A . P \quad (\text{IV.32})$$

$$t_a = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 375 & 305 & 263 & 252,5 \\ 349 & 279 & 237 & 226,5 \\ 336 & 266 & 224 & 213,5 \\ 344 & 274 & 232 & 221,5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_a = \mathbf{259 \text{ s}}$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « Arrivée-départ » :**

Soit « t_{ad} » la cadence moyenne ‘ $A - D$ ’

$$t_{ad} = {}^t P . B . P \quad (\text{IV.33})$$

$$t_{ad} = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 95 & 95 & 95 & 95 \\ 69 & 69 & 69 & 69 \\ 56 & 56 & 56 & 56 \\ 64 & 64 & 64 & 64 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_{ad} = \mathbf{66 \text{ s}}$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « départ-Arrivée » :**

Soit « t_{da} » la cadence moyenne ‘ $D - A$ ’

$$t_{da} = {}^t P . C . P \quad (\text{IV.34})$$

$$t_{da} = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 240 & 180 & 144 & 135 \\ 240 & 180 & 144 & 135 \\ 240 & 180 & 144 & 135 \\ 240 & 180 & 144 & 135 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_{da} = \mathbf{165 \text{ s}}$$

➤ **Calcul de cadence moyenne « départ-départ » :**

Soit « t_d » la cadence moyenne ‘ $D - D$ ’

$$t_d = {}^t P . D . P \quad (\text{IV.35})$$

$$t_d = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 62 & 62 & 62 & 62 \\ 120 & 120 & 120 & 58 \\ 120 & 120 & 120 & 53 \\ 120 & 120 & 120 & 120 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$t_d = \mathbf{105 \text{ s}}$$

Partie C : Méthodes de calcul des capacités

IV.C.1 Arrivée prioritaire vue A et D :

Ce mode de représentation permet de déterminer directement le nombre de départs qu'il est possible d'insérer dans le flux des arrivées en les 'desserrant' petit à petit.

➤ **Capacité horaire 'arrivées' Ch_a :**

Définition :

La capacité horaire 'arrivée', exprimée en mouvement d'avions par heure, représente le nombre maximal d'arrivée que le système de piste peut écouler en une heure, le seuil de piste 'arrivées' étant pris comme référence.

$$Ch_a (mvt/h) = 3600/t_a \text{ (IV.36)} \quad \text{où} \quad t_a (s) = \text{cadence moyenne des arrivées}$$

➤ **Capacité horaire 'départs' Ch_d :**

Définition :

La capacité horaire 'départ', exprimée en mouvement d'avions par heure, représente le nombre maximal de départs que le système de piste (s) peut écouler en une heure, le seuil de piste 'départs' étant pris comme référence.

$$Ch_d (mvt/h) = 3600 / t_d \text{ (IV.37)} \quad \text{où} \quad t_d (s) = \text{cadence moyenne des départ}$$

➤ **Capacité horaire mixte avec priorité aux arrivées Chm_a :**

Définition :

La capacité horaire mixte avec priorité aux arrivées (Chm_a) est égale à la somme de la capacité horaire 'arrivée' Ch_a et du nombre N_d de départs qu'il est possible d'insérer par heure dans le flux des arrivées, celles-ci étant prioritaires.

Pour la détermination du nombre de départs qu'il est possible d'insérer dans le flux des arrivées, il doit être tenu compte du débit des départs qui, s'il est insuffisant, peut limiter l'insertion des départs dans les 'trous' du flux des arrivées.

Méthode de calcul :

Soient T_i et T_j les instants de passage au seuil de piste des avions tête, de type i , et queue, de type j .

g_{ij} (En s) = $t_i - t_j$ (IV.38) représente l'intervalle de temps pendant lequel il est possible d'insérer un ou plusieurs départs entre les deux arrivées.

Avec :

$$t_i = T_i + b'_i \quad \text{(IV.39)}$$

$$t_j = T_j + c'_j \quad (IV.40)$$

Où b'_i = cadence élémentaire 'arrivée de type i - départ « moyen »' = $\sum P_k b_{ik}$ (IV.41).

Et c'_j = cadence élémentaire 'départ « moyen » - arrivée de type j' = $\sum P_k c_{kj}$ (IV.42).

$$b_{ik} \begin{cases} = \text{cadence élémentaire 'arrivée de type } i - \text{départ de type } k \\ = \max (TOP_i, s_{ik}) \end{cases}$$

TOP_i = temps d'occupation de piste à l'arrivée de l'avion de type i

$$s_{ik} \begin{cases} = ts_{ik} \text{ s'il existe un seuil d'exploitation décalé} \\ = 0 \text{ si non} \end{cases}$$

ts_{ik} (en s) = Espacement minimal des avions de type i et k du a la turbulence de sillage

$$c_{kj} \begin{cases} = \text{cadence élémentaire 'départ de type } k - \text{arrivée de type } j \\ = X_{ki} / V_{aj} \end{cases}$$

X_{kj} (en NM) = distance entre un point fictif, appelé 'verrou', au-delà duquel une arrivée de type j 'bloque' un départ de type k, et le seuil de piste.

V_{aj} (en NM) = vitesse moyenne sur la trajectoire d'approche finale de l'avion de type j.

On a :

$$g_{ij} = T_i - T_j - (b'_i + c'_j) = a_{ij} - (b'_i + c'_j) \quad (IV.43)$$

Avec : a_{ij} = cadence élémentaire 'arrivée de type i - arrivée de type j'

Diagrammes distance temps : [09]

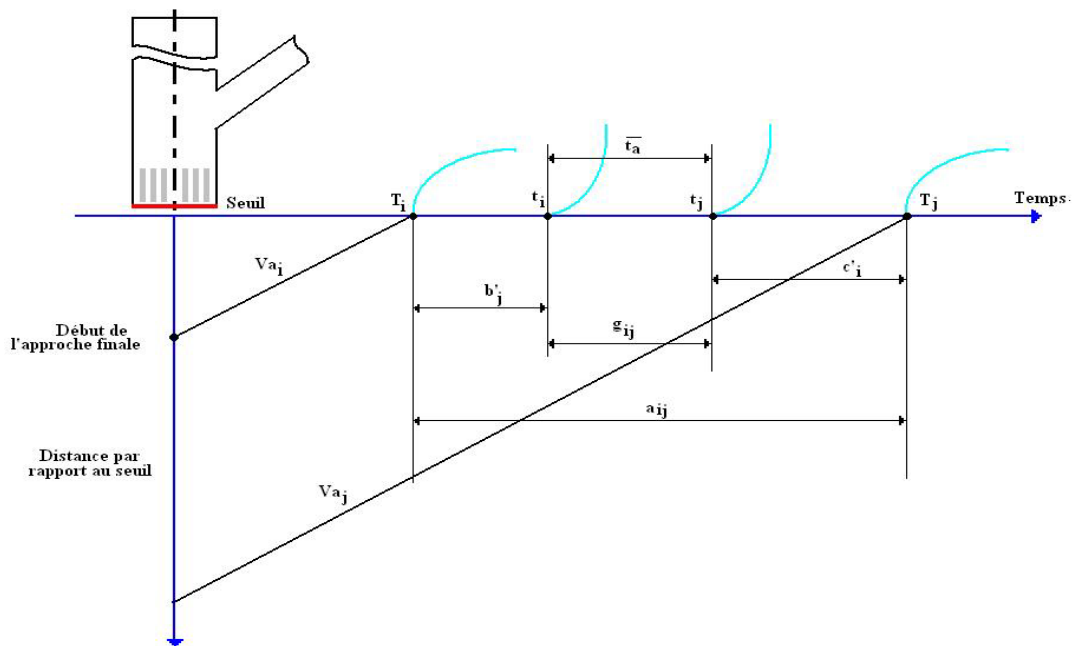


Figure (IV-04) Diagramme distance-temps pour arriver prioritaire vue A et D

Avec :

\bar{t}_a : Cadence moyenne départ –départ

b'_j : Cadence élémentaire Arrivée i-départ moyen

a_{ij} : Cadence élémentaire arrivée-arrivée

g_{ij} : Δt ente départ – départ

c'_i : Cadence élémentaire départ moyen – Arrivée j

nd_{ij} Représente le nombre de départs qu'il est possible d'insérer entre deux arrivées de types i et j , dans l'hypothèse où le débit est suffisant pour ne pas limiter leur insertion dans les 'trous' du flux des arrivées.

$$nd_{ij} \begin{cases} = E(g_{ij} / t_d) + 1 & \text{si } g_{ij} > 0 \\ = 0 & \text{(sinon)} \end{cases} \quad (\text{IV.44})$$

Soit la matrice 4*4 $n_d = [nd_{ij}]$

Soit n_d le nombre moyen de départs qu'il est possible d'insérer entre deux arrivées, dans l'hypothèse où le débit des départs est suffisant pour ne pas limiter leur insertion dans les 'trous' du flux des arrivées.

$$n_d = {}^t P * n_d * P \quad (\text{IV.45})$$

Avec

$$P \begin{cases} = [P_i] \text{ matrice } 1 \times 4 \text{ ou } P_i (i = 1 \text{ à } 4) \\ = \text{proportion des avion de type } i \text{ par rapport au volume total de trafic.} \end{cases}$$

Soit Nd le nombre de départs qu'il est possible d'insérer dans le flux des arrivées par heure, dans l'hypothèse où le débit des départs peut limiter leur insertion dans les 'trous' du flux des arrivées.

Nd ne peut être supérieur à Ch_d

Si les départs se présentent correctement devant les trous du flux des arrivées ($Ch_a / Ch_d < 1$).

$$Nd = \min (Ch_d ; Ch_a * n_d) \quad (\text{IV.46})$$

Dans le cas contraire, il faut diviser le terme $Ch_a * n_d$ par le terme :

$$ABS [E (1 - Ch_a / Ch_d)] + 1, \quad (\text{IV.47}) \text{ pour représenter le fait que l'on peut}$$

insérer un départ que tous les deux trous, les trois trous. . .

Avec :

ABS = 'valeur absolue'

E = 'partie entière',

On obtient donc la formule générale suivante :

$$Nd = \text{Min} \{Ch_d; Ch_a * n_d / (ABS[E(1 - Ch_a / Ch_d)] + 1)\} \quad (\text{IV.48})$$

D'où

$$Chm_a = Ch_a + N_d$$

$$Chm_a = Ch_a + \text{Min} \{Ch_d; Ch_a * n_d / (ABS[E(1 - Ch_a / Ch_d)] + 1)\} \quad (\text{IV.49})$$

IV.C.2 Départ prioritaire vue D et A :

Ce mode de représentation permet de déterminer directement le nombre de d'arrivées qu'il est possible d'insérer dans le flux des départs en les 'desserrant' petit à petit.

➤ **Capacité horaire 'arrivées' Ch_a ;**

Définition :

La capacité horaire 'arrivée', exprimée en mouvement d'avions par heure, représente le nombre maximal d'arrivée que le système de piste peut écouler en une heure, le seuil de piste 'arrivées' étant pris comme référence.

$$Ch_a (mvt/h) = 3600/t_a \quad (\text{IV.50}) \quad \text{où } t_a (s) = \text{cadence moyenne des arrivées}$$

➤ **Capacité horaire 'départs' Ch_d :**

Définition :

La capacité horaire 'départ', exprimée en mouvement d'avions par heure, représente le nombre maximal de départ que le système de piste (s) peut écouler en une heure, le seuil de piste 'départ' étant pris comme référence.

$$Ch_d (mvt/h) = 3600 / t_d \quad (\text{IV.51}) \quad \text{où } t_d (s) = \text{cadence moyenne des départs}$$

➤ **Capacité horaire mixte avec priorité aux arrivées Chm_d :**

Définition :

La capacité horaire mixte avec priorité aux départs (Chm_d) est égale à la somme de la capacité horaire 'départ' Ch_d et du nombre N_a d'arrivées qu'il est possible d'insérer par heure dans le flux des départs, celles-ci étant prioritaires.

Pour la détermination du nombre d'arrivées qu'il est possible d'insérer dans le flux des départs, il doit être tenu compte du débit des arrivées qui, s'il est insuffisant, peut limiter l'insertion des arrivées dans les 'trous' du flux des départs.

Méthode de calcul :

Soient T_i et T_j les instants de passage au seuil de piste des avions tête, de type i , et queue, de type j .

h_{ij} (En s) = $t_i - t_j$ (IV.52) représente l'intervalle de temps pendant lequel il est possible d'insérer un ou plusieurs arrivées entre les deux départs.

Avec :

$$t_i = T_i + c'_i \quad (\text{IV.53})$$

$$t_j = T_j + b'_j \quad (\text{IV.54})$$

Où c'_i = cadence élémentaire 'départ de type i - arrivée « moyen »' = $\sum P_k c_{ki}$ (IV.55).

Et b'_j = cadence élémentaire 'arrivée « moyen » - départ de type j ' = $\sum P_k b_{jk}$ (IV.56).

Avec :

P_k = proportion des avions de type k par rapport au volume totale de trafic

$$c_{ik} \begin{cases} = \text{cadence élémentaire 'départ de type } i \text{ - arrivée de type } k' \\ = 3600 X_{ik} / V_{ai} \end{cases}$$

X_{ik} (en NM) = distance entre un point fictif, appelé 'verrou', au-delà duquel une arrivée de type k 'bloque' un départ de type i , et le seuil de piste.

V_{ai} (en NM) = vitesse moyenne sur la trajectoire d'approche finale de l'avion de type i .

On a :

$$h_{ij} = T_i - T_j - (b'_j + c'_i) = d_{ij} - (b'_j + c'_i) \quad (\text{IV.57})$$

Avec : d_{ij} = cadence élémentaire 'départ de type i - départ de type j '

Diagrammes distance temps :

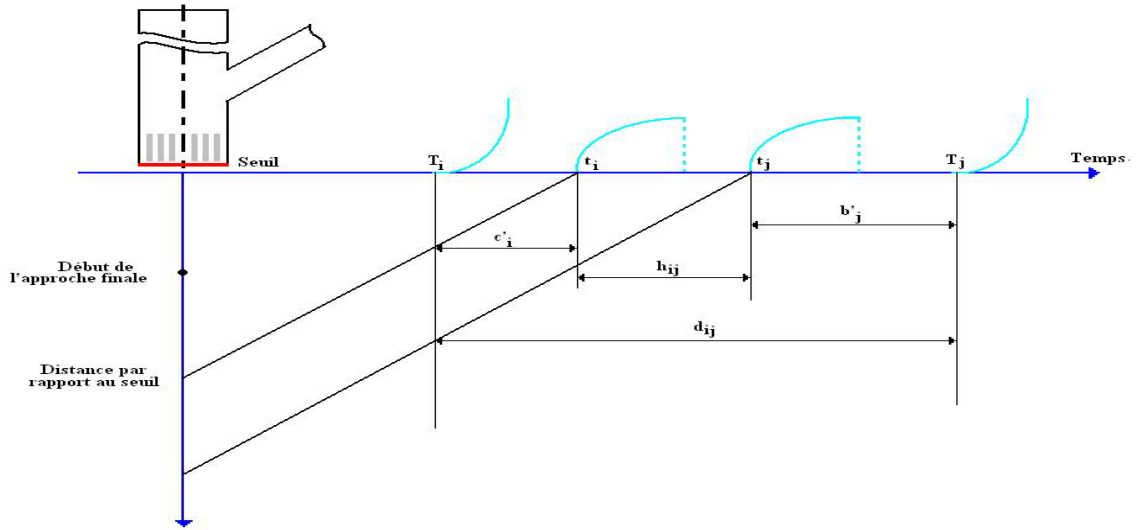


Figure (IV-05) Diagramme distance-temps pour départ prioritaire vue D et A

Avec :

b'_j : Cadence élémentaire Arrivée moyen-départ j

h_{ij} : Cadence élémentaire arrivée-arrivée

d_{ij} : Cadence élémentaire départ-départ

c'_i : Cadence élémentaire départ i – Arrivée moyen

na_{ij} Représente le nombre de départs qu'il est possible d'insérer entre deux départs de types i et j , dans l'hypothèse où le débit des arrivées est suffisant pour ne pas limiter leur insertion dans les 'trous' du flux des départs.

$$na_{ij} \begin{cases} = E(h_{ij} / t_a) + 1 & \text{si } h_{ij} > 0 \\ = 0 & \text{(sinon)} \end{cases} \quad \text{(IV.58)}$$

Soit la matrice 4*4 $n_a = [na_{ij}]$

Soit n_a le nombre moyen de d'arrivées qu'il est possible d'insérer entre deux départs, dans l'hypothèse où le débit des arrivées est suffisant pour ne pas limiter leur insertion dans les 'trous' du flux des départs.

$$n_a = {}^t P * n_a * P \quad \text{(IV.59)}$$

Avec

$$P \begin{cases} = [P_i] \text{ matrice } 1 \times 4 \text{ ou } P_i (i = 1 \text{ à } 4) \\ = \text{proportion des avions de type } i \text{ par rapport au volume total de trafic.} \end{cases}$$

Soit N_a le nombre d'arrivées qu'il est possible d'insérer dans le flux des départ par heure, dans l'hypothèse où le débit des arrivées peut limiter leur insertion dans les 'trous' du flux des départs.

N_a ne peut être supérieur à Ch_a

Si les arrivées se présentent correctement devant les trous du flux des départs ($Ch_a/Ch_d < 1$).

$$N_a = \min (Ch_a ; Ch_d * n_a) \quad (\text{IV.60})$$

Dans le cas contraire, il faut diviser le terme $Ch_d * n_a$ par le terme :

$$ABS ([E (1 - Ch_d / Ch_a)] + 1) \quad (\text{IV.61}), \text{ pour représenter le fait que l'on peut}$$

insérer un arrivée que tous les deux trous, les trois trous. . .

Avec :

ABS = 'valeur absolue'

E = 'partie entière',

On obtient donc la formule générale suivante :

$$N_a = \text{Min} \{Ch_a ; Ch_d * n_a / (ABS [E(1 - Ch_d / Ch_a)] + 1)\} \quad (\text{IV.62})$$

D'où

$$Chm_d = Ch_d + N_a$$

$$Chm_d = Ch_a + \text{Min} \{Ch_a ; Ch_d * n_a / (ABS [E(1 - Ch_d / Ch_a)] + 1)\} (\text{en mvt/h}) \quad (\text{IV.63})$$

PARTIE D : calcul des capacités horaires

IV.D.1 Application

L'application présentée ci-après nous permet de calculer la capacité des deux pistes sur l'aérodrome de Constantine dont on a les données suivantes :

- Dans notre cas on n'a pas de seuil décalé donc $s_{ik} = 0$ et $s_{jk} = 0$ quel que soit i et k .
- Les proportions des avions de type k par rapport au trafic total sont :

Nombre du trafic total = 09 mvt \Rightarrow

- $P_1 = 1$
- $P_2 = 3/9$
- $P_3 = 3/9$
- $P_4 = 2/9$

- Dans le cas de la piste 16/34 le verrou se trouve à une distance de 5 NM pour n'importe quel type d'appareil.
- Dans le cas de la piste 14/32 le verrou se trouve à une distance de 6 NM pour n'importe quel type d'appareil.
- Avec un espacement minimal longitudinal de 7 NM de surveillance radar

IV.D.2 Application sur la piste 16/34

- **Capacité horaire « arrivée » Ch_a :**

$$Ch_a \text{ (mvt/h)} = 3600 / t_a$$

$$Ch_a = 3600 / 263 \quad \Rightarrow \quad Ch_a = 13 \text{ mvt/h}$$

- **Capacité horaire « départ » Ch_d :**

$$Ch_d \text{ (mvt/h)} = 3600 / t_d$$

$$Ch_d = 3600 / 104 \quad \Rightarrow \quad Ch_d = 33 \text{ mvt/h}$$

- **Capacité horaire mixte avec priorité aux arrivées Chm_a :**

$$Chm_a = Ch_a + Nd$$

- **Capacité horaire mixte avec priorité aux départs Chm_d :**

$$Chm_d = Ch_d + Na$$

IV.D.2.1 Arrivée prioritaire vue A et D

- **Calcul des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'**

$$\text{On a :} \quad b'_i = \sum P_k * b_{ik}$$

Avec ($k = 1$ à 4)

$$b_{ik} = \max(TOP_i; S_{ik})$$

Pour les différents i et k on trouve les b_{ik} suivant :

Tableau (IV-16) valeur des cadences élémentaires 'arrivée de type i -départ de type k '

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	102 s	102 s	102 s	102s
2	74 s	74 s	74 s	74 s
3	60 s	60 s	60 s	60 s
4	67 s	67 s	67 s	67 s

Calcul de b'_i :

Tableau (IV-17) valeur des cadences élémentaires 'arrivée de type i -départ « moyen »'

i	1	2	3	4
b'_i :	102 s	74 s	60 s	67 s

➤ Calcul des cadences élémentaires 'départ « moyen » -arrivée de type j ' :

$$\text{On a } c'_j = \sum P_k * c_{kj} :$$

Avec : ($k=1$ à 4)

$$c_{kj} = 3600 * X_{kj} / V_{aj} :$$

Pour les différentes k et j on trouve les c_{kj} suivants :

Tableau (IV-18) valeur des cadences élémentaires 'départ de type k -arrivée de type j '

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	200 s	150 s	120 s	112,5 s
2	200 s	150 s	120 s	112,5 s
3	200 s	150 s	120 s	112,5 s
4	200 s	150 s	120 s	112,5 s

Calcul de c'_{ij} :

Tableau (IV-19) valeur des cadence élémentaire 'arrivée de type i-départ « moyen »'

i	1	2	3	4
c'_{ij}	200 s	150 s	120 s	112,5 s

Calcul de g_{ij} :

$$\text{On a : } g_{ij} = a_{ij} - (b'_i + c'_{ij})$$

Pour les différents i et j on trouve les g_{ij} suivant :

Tableau (IV-20) valeur d'intervalle de temps ou on peut insérer les départs

Type k \ Type i	1	2	3	4
1	80 s	60 s	48 s	45 s
2	80 s	60 s	48 s	45 s
3	80 s	60 s	48 s	45 s
4	80 s	60 s	48 s	45 s

Calcul de n_{dij} :

$$n_{dij} \begin{cases} = E(g_{ij} / t_d) + 1 & \text{si } g_{ij} > 0 \\ = 0 & \text{(sinon)} \end{cases}$$

$$n_d = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Calcul du nombre moyen de départ n_d :

$$n_d = {}^t P * n_d * P$$

$$n_d = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$n_d = 1$$

Calcul du nombre de départ N_d :

$$\text{On a : } Ch_a / Ch_d = 13/34$$

$Ch_a / Ch_d = 0,39 < 1$ donc :

$$\begin{aligned} N_d &= \min (Ch_d ; Ch_a * n_d) \\ &= \min (33 ; 13*1) \\ &= \min (33 ; 13) \end{aligned}$$

$$N_d = 13$$

Donc il est possible 13 des départs.

Calcul de la Chm_a :

$$\begin{aligned} Chm_a &= Ch_a + N_d : \\ &= 13 + 13 \end{aligned}$$

$$Chm_a = 26 \text{ (mvt/h)}$$

IV.D.2.2 Départ prioritaire vue D et A :

➤ Calcul des cadences élémentaires 'départ de type i- « moyen »' :

$$\text{On a } c'_i = \sum P_k * c_{ik} :$$

Avec : (k=1 à 4)

$$c_{ik} = 3600 * X_{ik} / V_{ak}$$

Pour les différentes i et k on trouve les c_{ik} suivants :

Tableau (IV-21) valeur des cadences élémentaires 'départ de type i-arrivée de type k'

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	200 s	150 s	120 s	112,5 s
2	200 s	150 s	120 s	112,5 s
3	200 s	150 s	120 s	112,5 s
4	200 s	150 s	120 s	112,5 s

Calcul de c'_i :

Tableau (IV-22) valeur des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

i	1	2	3	4
c'_j	137s	137 s	137 s	137 s

➤ **Calcul des cadences élémentaires 'arrivée « moyen »-départ de type j'**

$$\text{On a : } b'_j = \sum P_k * b_{kj}$$

Avec (k=1 à 4)

$$b_{kj} = \max(TOP_k; S_{kj})$$

Pour les différents k et j on trouve les b_{kj} suivant :

Tableau (IV-23) valeur des cadences élémentaires 'arrivée de type k-départ de type j'

Type k \ Type j	1	2	3	4
1	102 s	102 s	102 s	102 s
2	74 s	74 s	74 s	74 s
3	60 s	60 s	60 s	60 s
4	67 s	67 s	67 s	67 s

Calcul de b'_j :

Tableau (IV-24) valeur des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

j	1	2	3	4
b'_j :	71 s	71 s	71 s	71 s

Calcul de h_{ij} :

$$\text{On a } h_{ij} = d_{ij} - (b'_j + c'_j)$$

Pour les différents i et j on trouve les h_{ij} suivants :

Tableau (IV-25) valeur d'intervalle ou on peut insérer des arrivées'

Type k \ Type j	1	2	3	4
1	-134 s	-134 s	-134 s	-134 s
2	-88 s	-88 s	-88 s	-140 s
3	-88 s	-88 s	-88 s	-148 s
4	-88 s	-88 s	-88 s	-88 s

Calcul de n_{aij}

On constate que dans tous les cas $h_{ij} < 0$ donc :

$$n_a = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Calcul du nombre moyen de d'arrivées n_a :

$$n_a = {}^t P * n_a * P$$

$$n_a = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$n_a = 0$$

Calcul du nombre de départ N_a :

$$\text{On a : } Ch_d / Ch_a = 33/13$$

$$Ch_a / Ch_d = 2,5 > 1 \quad \text{donc}$$

$$N_a = \text{Min} \{ Ch_a ; Ch_d * n_a / (ABS[E(1 - Ch_d / Ch_a)] + 1) \}$$

$$= \text{Min} \{ 13 ; 33 * 0 / (ABS[E(1 - 33/13)] + 1) \}$$

$$= \text{Min} (13 ; 1)$$

$$N_a = 1$$

Donc il possible d'insérer une seul arrivée parmi les cinq départes marquer ce jour-là.

Calcul de la Chm_d

$$Chm_d = Ch_d + N_a$$

$$Chm_d = 34 \text{ (mvt/h)}$$

IV.D.3 Application pour la piste 14/32

➤ **Capacité horaire « arrivée » Ch_a :**

$$Ch_a \text{ (mvt/h)} = 3600 / t_a$$

$$Ch_a = 3600 / 259 \quad \Rightarrow \quad Ch_a = 14 \text{ mvt/h}$$

➤ **Capacité horaire « départ » Ch_d :**

$$Ch_d \text{ (mvt/h)} = 3600 / t_d$$

$$Ch_d = 3600/105 \quad \Rightarrow \quad Ch_d = 34 \text{ mvt/h}$$

- **Capacité horaire mixte avec priorité aux arrivées Chm_a :**

$$Chm_a = Ch_a + N_d$$

- **Capacité horaire mixte avec priorité aux départs Chm_d :**

$$Chm_d = Ch_d + N_a$$

IV.D.3.1 Arrivée prioritaire vue A et D :

- Calcul des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

$$\text{On a : } b'_i = \sum P_k * b_{ik}$$

Avec (k=1 à 4)

$$b_{ik} = \max(TOP_i; S_{ik})$$

Pour les différents i et k on trouve les b_{ik} suivant :

Tableau (IV-26) Valeurs des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ de type k'

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	95 s	95 s	95 s	95 s
2	69 s	69 s	69 s	69 s
3	56 s	56 s	56 s	56 s
4	64 s	64 s	64 s	64 s

Calcul de b'_i :

Tableau (IV-27) Valeurs des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

i	1	2	3	4
b'_i :	95 s	69 s	56 s	64 s

- Calcul des cadences élémentaires 'départ « moyen » -arrivée de type j' :

$$\text{On a } c'_j = \sum P_k * c_{kj} :$$

Avec : (k=1 à 4)

$$c_{kj} = 3600 * X_{kj} / V_{aj} :$$

Pour les différentes k et j on trouve les c_{kj} suivants :

Tableau (IV-28) Valeurs des cadences élémentaires 'départ de type k-arrivée de type j'

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	240 s	180 s	144 s	135 s
2	240 s	180 s	144 s	135 s
3	240 s	180 s	144 s	135 s
4	240 s	180 s	144 s	135 s

Calcul de c'_j :

Tableau (IV-29) Valeurs des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

i	1	2	3	4
c'_j	240 s	180 s	144 s	135 s

Calcul de g_{ij} :

$$\text{On a : } g_{ij} = a_{ij} - (b'_i + c'_j)$$

Pour les différents i et j on trouve les g_{ij} suivants :

Tableau (IV-30) Valeur d'intervalle de temps ou on peut insérer les départs

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	40 s	30 s	24 s	22,5 s
2	40 s	30 s	24 s	22,5 s
3	40 s	30 s	24 s	22,5 s
4	40 s	30 s	24 s	22,4 s

Calcul de n_{dij} :

$$n_{dij} \begin{cases} = E(g_{ij} / t_d) + 1 & \text{si } g_{ij} > 0 \\ = 0 & \text{(sinon)} \end{cases} \quad \text{et} \quad t_d > g_{ij}$$

$$n_d = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Calcul du nombre moyen de départ n_d :

$$n_d = {}^t P * n_d * P$$

$$n_d = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$n_d = 1$$

Calcul du nombre de départ N_d :

$$\text{On a : } Ch_a / Ch_d = 14/34$$

$$Ch_a / Ch_d = 0,41 < 1 \text{ donc :}$$

$$N_d = \min (Ch_d ; Ch_a * n_d)$$

$$= \min (34 ; 14 * 1)$$

$$= \min (34 ; 14)$$

$$N_d = 14$$

Donc on peut ajouter 14 des départs.

Calcul de la Chm_a :

$$Chm_a = Ch_a + N_d :$$

$$= 14 + 14$$

$$Chm_a = 28 \text{ (mvt/h)}$$

IV.D.3.2 Départ prioritaire vue D et A :

➤ Calcul des cadences élémentaires 'départ de type i- « moyen »' :

$$\text{On a } c'_i = \sum P_k * c_{ik} :$$

Avec : (k=1 à 4)

$$c_{ik} = 3600 * X_{ik} / V_{ak}$$

Pour les différentes i et k on trouve les c_{ik} suivants :

Tableau (IV-31) Valeur des cadences élémentaires 'départ de type i-arrivée de type k'

Type i \ Type k	1	2	3	4
1	240 s	180 s	144 s	135 s
2	240 s	180 s	144 s	135 s
3	240 s	180 s	144 s	135 s
4	240 s	180 s	144 s	135 s

Calcul de c'_i :

Tableau (IV-32) Valeurs des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

i	1	2	3	4
c'_j	165 s	165 s	165 s	165 s

➤ Calcul des cadences élémentaires 'arrivée « moyen »-départ de type j'

$$\text{On a : } b'_j = \sum P_k * b_{kj}$$

Avec (k=1 à 4)

$$b_{kj} = \max(TOP_k; S_{kj})$$

Pour les différents k et j on trouve les b_{kj} suivants :

Tableau (IV-33) Valeurs des cadences élémentaires 'arrivée de type k-départ de type j'

Type j \ Type k	1	2	3	4
1	95 s	95 s	95 s	95 s
2	69 s	69 s	69 s	69 s
3	56 s	56 s	56 s	56 s
4	44 s	64 s	64 s	64 s

Calcul de b'_j :

Tableau (IV-34) Valeurs des cadences élémentaires 'arrivée de type i-départ « moyen »'

j	1	2	3	4
b'_j :	66 s	66 s	66 s	66 s

Calcul de h_{ij} :

$$\text{On a } h_{ij} = d_{ij} - (b'_j + c'_j)$$

Pour les différents i et j on trouve les h_{ij} suivants :

Tableau (IV-35) valeur d'intervalle ou on peut insérer des arrivées'

Type k \ Type j	1	2	3	4
1	-169 s	-169 s	-169 s	-169 s
2	-111 s	-111 s	-111 s	-173 s
3	-111 s	-111 s	-111 s	-178 s
4	-111 s	-111 s	-111 s	-111 s

Calcul de $n_{a_{ij}}$

On constate que dans tous les cas $h_{ij} < 0$ donc :

$$n_{a_{ij}} = 0$$

$$n_a = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Calcul du nombre moyen de d'arrivées n_a :

$$n_a = {}^t P * n_a * P$$

$$n_a = \begin{bmatrix} 1/9 & 3/9 & 3/9 & 2/9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1/9 \\ 3/9 \\ 3/9 \\ 2/9 \end{bmatrix}$$

$$n_a = 0$$

Calcul du nombre de départ N_a :

$$\text{On a : } Ch_d / Ch_a = 34/14$$

$$Ch_a / Ch_d = 2,42 > 1 \text{ donc}$$

$$N_a = \text{Min} \{ Ch_a ; Ch_d * n_a / (ABS[E(1 - Ch_d / Ch_a)] + 1) \}$$

$$= \text{Min} \{ 14 ; 34 * 0 / (ABS[E(1 - 34/14)] + 1) \}$$

$$= \text{Min} (13 ; 1)$$

$$N_a = 1$$

Donc il possible d'insérer une seul arrivée parmi les cinq départes marquer ce jour-là.

Calcul de la Chm_d

$$Chm_d = Ch_d + N_a$$

$$Chm_d = 35 \text{ (mvt/h)}$$

PARTIE E : Capacité parking

IV.E.1 Introduction :

L'aéroport de Constantine « Mohamed Boudiaf », dispose de 09 postes répartis comme suit :

- 2 postes pour les grands porteurs
- 4 postes pour les moyennes porteuses
- 3 postes pour les petits porteurs

IV.E.2 Aires de stationnement :

Chaque catégorie d'aéronef dispose d'un certain nombre de poste de stationnement, et d'un certain temps d'occupation du poste qui lui est désignée.

Tableau (IV- 36) Nombre de postes et Temps de traitement par type d'aéronef

Type d'aéronef	N _i	T _i
ATR42-ATR72	3	60 min
B737-A320-B727	4	90 min
B767-IL76	2	100 min

N_i : nombre de poste de stationnement par type d'aéronef

T_i : temps de traitement par type d'aéronef

IV.E.3 Calcul de la capacité théorique ou maximale :

Définition

Capacité Théorique : Cette capacité est une limite qui ne peut être dépassée qu'au déterminant de la sécurité ou encore une capacité potentielle.

Capacité Opérationnelle : la capacité opérationnelle est exprimée en mouvement d'aéronef par heure.

Méthode de calcul :

$$C = 60 * \sum(N_i / T_i) \quad \text{Avec } 1 \text{ à } n$$

60 = temps de traitement = 1 heure

Sachant que N = 09 postes de stationnement réparti comme suit :

N₁ : 2 postes pour les grands porteurs (GP).

N₂ : 4 postes pour les moyennes porteuses (.MP)

N₃ : 3 postes pour les petits porteurs (PP).

Application numérique :

$$C = 60 (2 / 120 + 4 / 90 + 3 / 60)$$

$$C = 1 \text{ GP} + 3 \text{ MP} + 3 \text{ PP}$$

$$C = 7 \text{ avion / heure}$$

IV.E.3.1 Calcul de la capacité théorique C_t :

Utilisation gros porteur :

$$C_t = 60 (2 / 120 + 0 / 90 + 0 / 60)$$

$$C_t = 1 \text{ avion / heure}$$

Utilisation moyen porteur :

Les postes réservés aux GP sont apte à recevoir les MP donc on aura $4 + 2 = 6$ postes de Stationnement pour MP

$$C_t = 60 (0 / 120 + 6 / 90 + 0 / 60)$$

$$C_t = 4 \text{ avion / heure}$$

Utilisation petit porteur :

Tous les postes de stationnement reçoivent les Petits porteurs ce qui fera un total de 9 postes pour PP.

$$C_t = 60 (0 / 120 + 0 / 90 + 9 / 60)$$

$$C_t = 9 \text{ avion / heure}$$

IV.E.3.2 Calcul de la capacité opérationnelle C_o :

La capacité opérationnelle est exprimée en mouvement d'aéronef par heure.

On un coefficient d'utilisation égal à 80% ($U = 80\%$)

$$C_o = C_t * 0.80$$

Utilisation gros porteur :

$$C_o = 1 * 0,80 \Rightarrow C_o = 1 \text{ avion / heure}$$

Utilisation moyen porteur :

$$C_o = 4 * 0,80 \Rightarrow C_o = 3 \text{ avion / heure}$$

Utilisation gros porteur :

$$C_o = 9 * 0,80 \Rightarrow C_o = 7 \text{ avion / heure}$$

Tableaux (IV-37) récapitulation des résultats

<i>TOP</i> (s)				
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
<i>TOP</i> départ 16/34	74	68	60	59
<i>TOP</i> départ 14/32	62	58	53	52
<i>TOP</i> arrivée QFU 34	102	74	60	67
<i>TOP</i> arrivée QFU 32	95	69	56	64
CADENCE MOYENNES DES PISTES(s)				
	t_a	t_{ad}	t_{da}	t_d
Pour la 16/34	263	71	137	104
Pour la 14/32	259	66	165	105
CAPACITE (mvt/h)				
	Ch_a	Ch_d	Chm_a	Chm_d
Pour la 16/34	13	33	26	34
Pour la 16/34	14	34	28	35
CAPACITE PARKING				
	Capacité		Nombre de poste	
2014	07		09	

Conclusion générale

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude concernent la capacité piste et la capacité parking. Ces résultats restent des valeurs théoriques supérieures à valeurs réelles.

La méthode utilisée lors de notre travail, prend en considération les 4 catégories d'aéronefs existant (A, B, C, D) avec toutes les séparations existantes entre ces aéronefs, leurs vitesses d'approche moyennes et le temps d'occupation de la piste pour chaque catégorie.

Les résultats montrent qu'actuellement l'aéroport de Constantine est loin d'être saturé et même avec l'ouverture de la nouvelle aérogare passagers.

La cause principale est la non libéralisation du transport aérien en Algérie, il faut dire que la libéralisation permet de créer un dynamisme potentiel au niveau passager et au niveau aéroportuaire de part la concurrence et la bataille tarifaire.

D'après le résultat trouvé dans le premier scénario, on a un total de 47 mouvements/heure soit 14 atterrissages pour le QFU 34 et 33 décollages pour le QFU 16, Pour le deuxième scénario on trouve aussi 47 mouvement /heure soit et 13 atterrissage pour le QFU 32 et 34 décollage pour le QFU 14, donc le trafic pour la journée est de 1128 mouvements /jour et pour une année 411720 mouvements /heure. Ces résultats dépassent largement le nombre de mouvement prévus pour les dix années prochaines (2014 jusqu' à 2025) où on a 14945 mouvements/heure prévus pour 2025 donc on n'aura pas un risque de saturation des pistes.

Concernant la capacité parking, la capacité moyenne trouvée pour les différentes catégories de porteurs est de 7 avions /heure avec ce résultat on peut dire que le parking reste hors saturation de 2015 jusqu'à 2025 car le nombre de poste de stationnement satisfait le trafic prévu.

Dans le cas où le système de piste atteint la capacité maximale donc on va y avoir donc une saturation de parking, qui peut limiter le nombre de mouvement d'avions et en suite la capacité aéroportuaire. Pour éviter ce problème il faut prévoir d'autres postes de stationnement et d'autres parkings.

Les overages:

- [01] Annexe 14 : aérodrome « volume 1 » 5 édition –juillet 2009 (OACI)
- [02] (Doc 4444 -ATM/501) Gestion du trafic aérien Quinzième édition — 2007 + (Doc 4444 -RAC/501) règle de l’air et service de la circulation aérienne treizième édition 1996
- [03] Instruction technique sur les aérodromes civils (ITAC) classeur-décembre 1998
- [04] AIP 2014 (publication information aéronautique)
- [05] Manuel de référence pour la détermination de la capacité d’un aéroport – STAC - novembre 2005
- [06] Manual on Air Traffic Forecasting « doc 8991-AT/722/3 » third edition—2006
- [07] Cour master 01 « Economie de transport aérien » Mr « Rahim »
- [08] Projet de fin d’étude “opération aérienne (2003- 2004) par « djamakebir samia »
- [09] Planning and Design of Airports [Robert Horonjeff] [Francis X. McKelvey] [William J. Sproule Seth B. Young] PART 3 Special Topics in Airport Planning and Design CHAPTER 12 (Airport Airside Capacity and Delay)
- [10] Document OPS/611 (Exploitation technique des aéronefs) — Volume II Partie I — Section 4, Chapitre 1
- [11] Doc 9157 AN/901 Manuel de conception des aérodromes Partie 1 Pistes
- [12] EGSA de : Constantine statistique pour les trafics passagers
- [13] ENNA de : Constantine statistique mouvement avion

Site internet :

- [14] « www.djac.fr » INFORMATION TECHNIQUE STAC "Chaussées aéronautiques" janvier 2007
- [15] « www.stac.aviation-civile.gouv.fr » Manuel de référence pour la détermination de la capacité d’un aéroport - STAC 2005
- [16] « www.enna.dz »
- [17] « www.egsa.dz »
- [18] « www.wikipedia.com »

ANNEXES

ARP : 36° 17' 07" N 006° 37' 09" E

TWR : 118.3-119.7(s)

CARTE D'AERODROME - OACI-

ALT. AD : 706 M

APP : 120.1

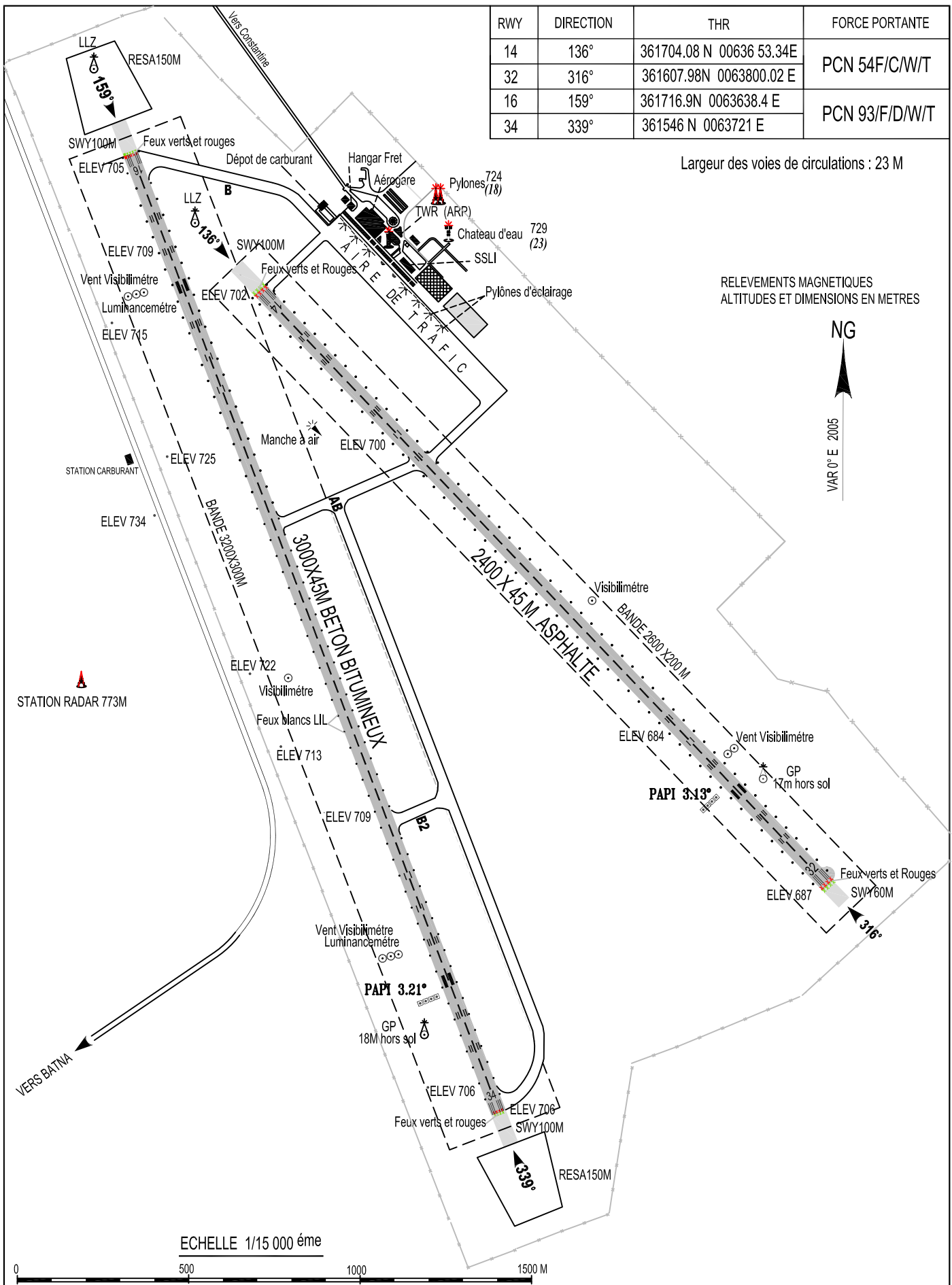
RWY	DIRECTION	THR	FORCE PORTANTE
14	136°	361704.08 N 00636 53.34E	PCN 54F/C/W/T
32	316°	361607.98N 0063800.02 E	
16	159°	361716.9N 0063638.4 E	PCN 93/F/D/W/T
34	339°	361546 N 0063721 E	

Largeur des voies de circulations : 23 M

RELEVEMENTS MAGNETIQUES
ALTITUDES ET DIMENSIONS EN METRES

NG

VAR 0° E 2005

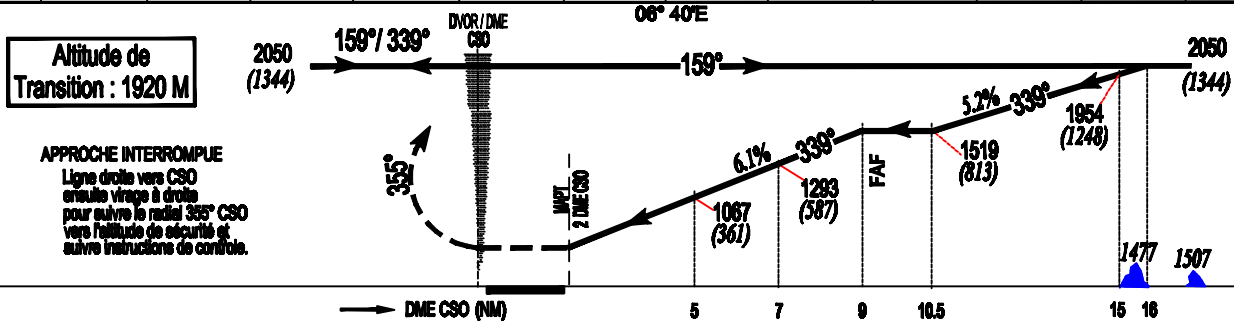
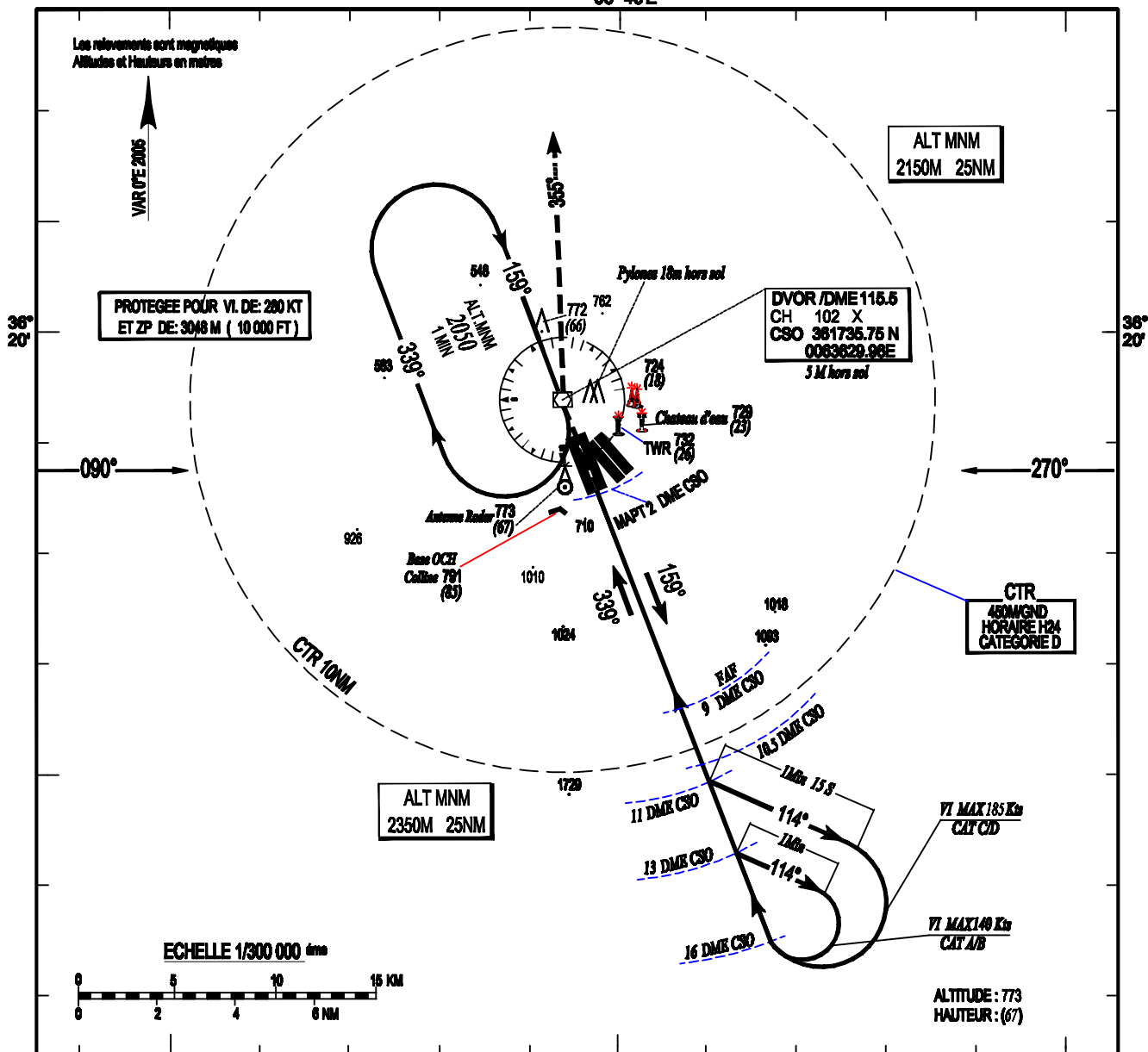


ALT. AD : 706 M
Les hauteurs sont déterminées
par rapport au THR RWY 34 - ALT: 706 M

APP : 120.1
TWR : 118.3, 119.7(s)

CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS - OACI -
DVOR/DME RWY 34
CAT A/B/C/D

06° 40'E



MINIMUMS OPERATIONNELS LES PLUS BAS ADMISSIBLES

CAT	DVOR/DME RWY 34			Approche à vue A L'Etat du terrain		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
A	175 M	580 FT	2400 M	300 M	990 FT	5000 M
B	175 M	580 FT	2400 M	300 M	990 FT	5000 M
C	175 M	580 FT	3200 M	300 M	990 FT	5000 M
D	175 M	580 FT	3800 M	300 M	990 FT	5000 M

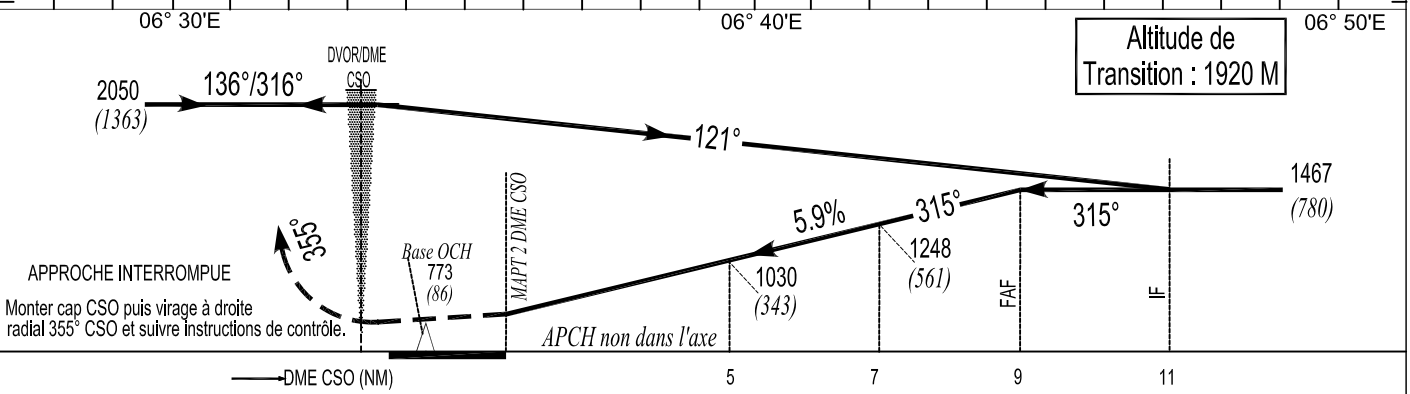
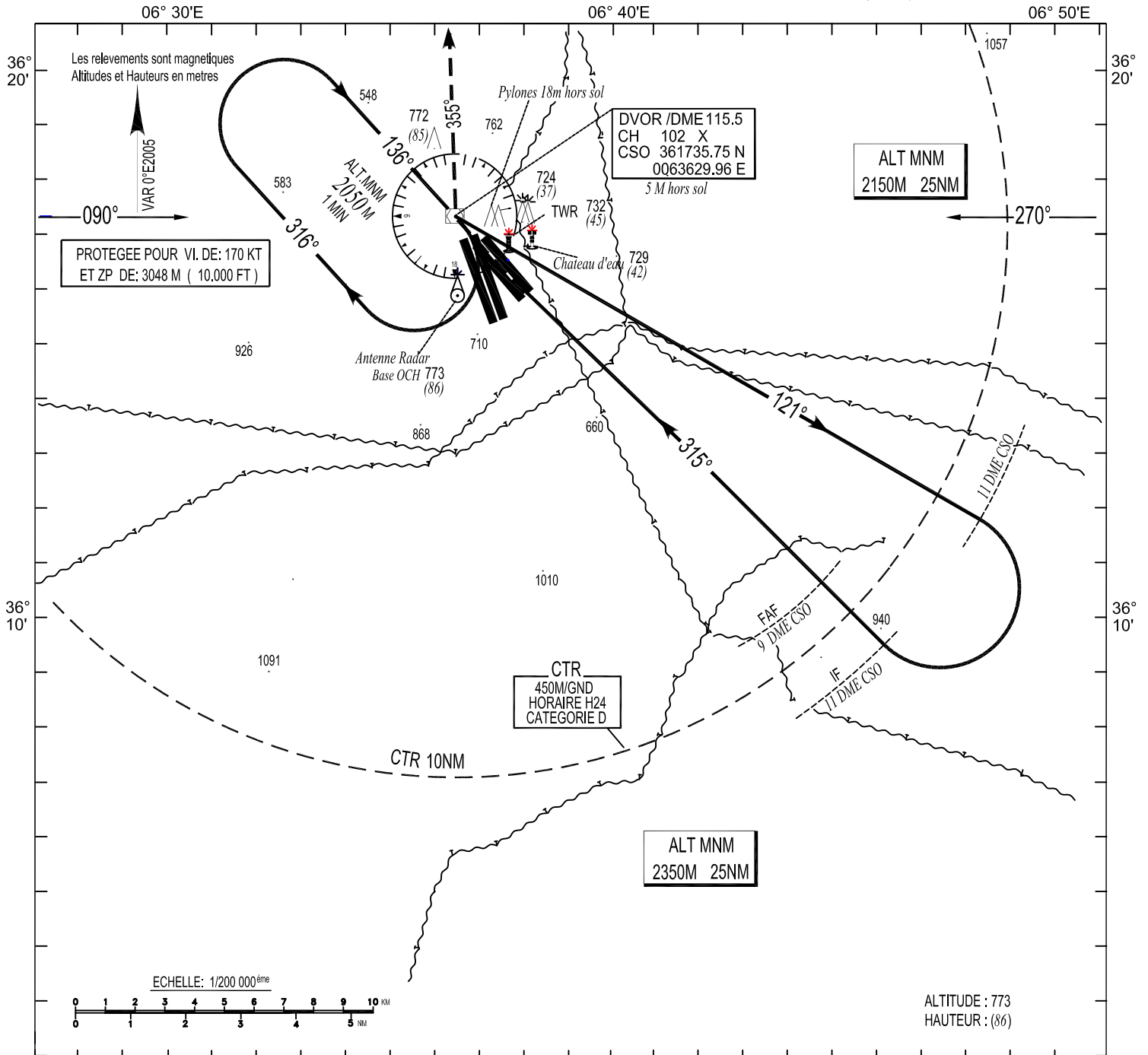
ALT.AD: 706M

Les hauteurs sont déterminées
par rapport au THR RWY 32 - ALT. 687 M

APP : 120.1
TWR : 118.3 - 119.7(s)

CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS - OACI -

DVOR / DME RWY 32
CAT A / B

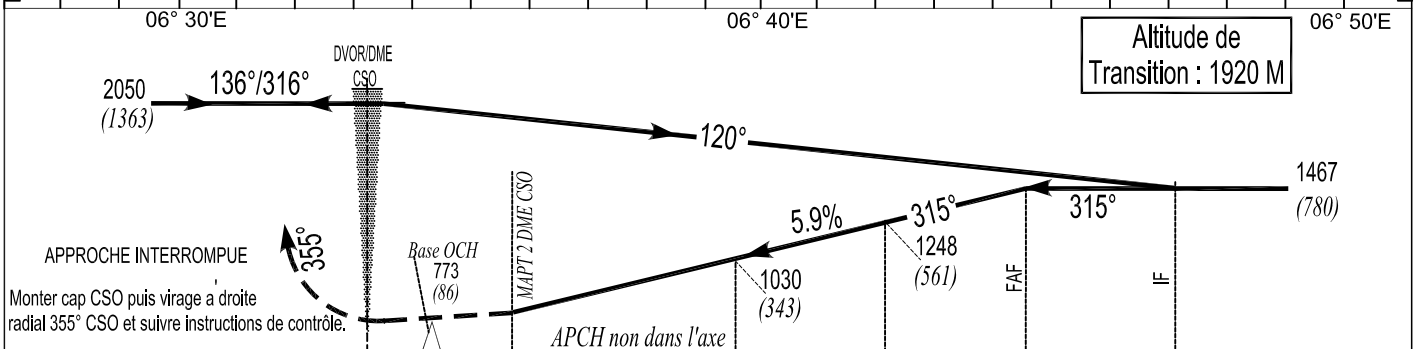
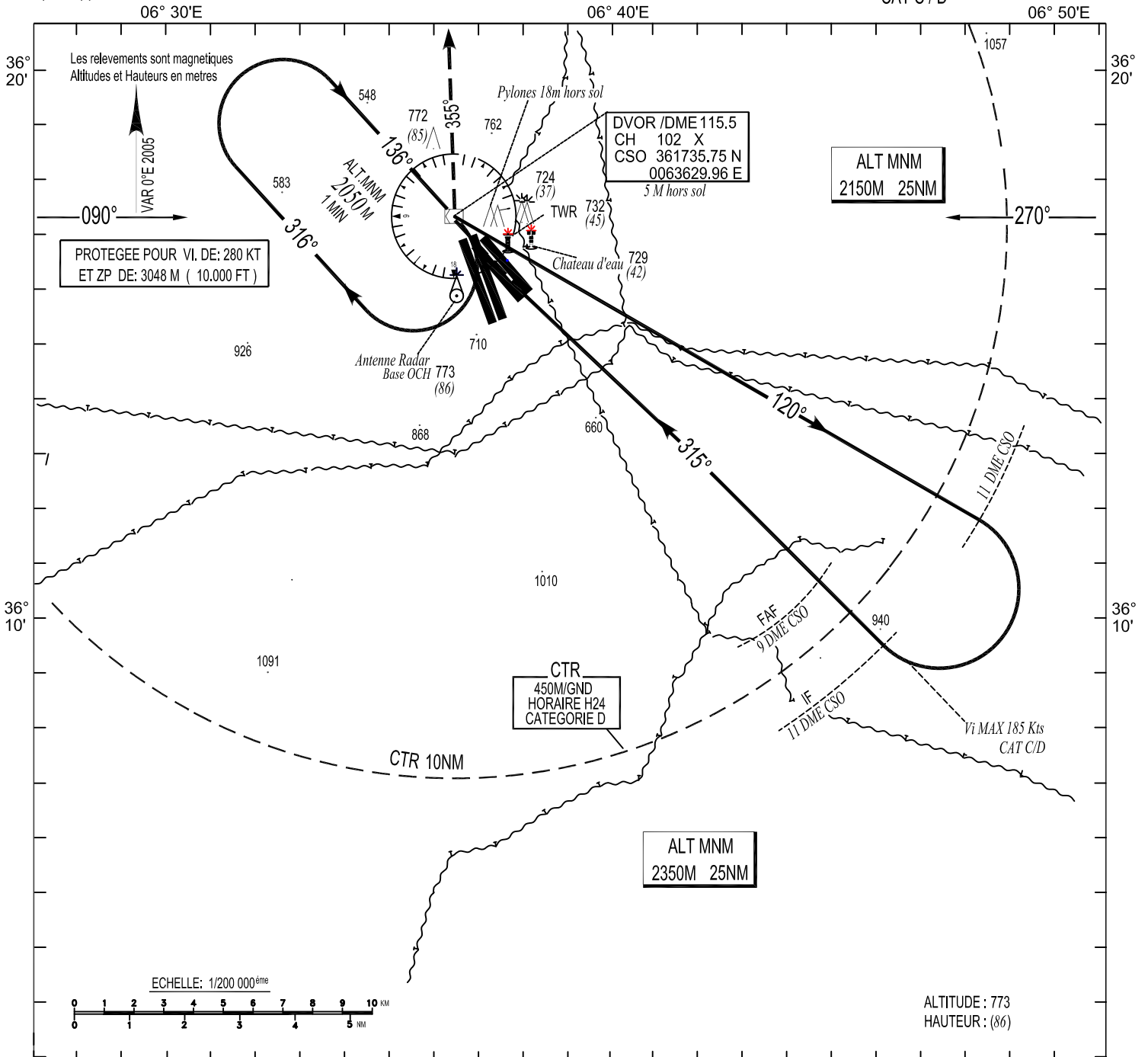


Cat-ACFT	MINIMUMS OPERATIONNELS LES PLUS BAS ADMISSIBLES					
	DVOR/DME RWY 32			Approche à vue a l'Est du terrain		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
A	160 M	530 FT	2400 M	300 M	990 FT	5000 M
B	160 M	530 FT	2400 M	300 M	990 FT	5000 M

ALT.AD : 706M
Les hauteurs sont déterminées
par rapport au THR RWY 32 - ALT. 687 M
06° 30'E

APP : 120.1
TWR : 118.3 - 119.7(s)

CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS - OACI -
DVOR / DME RWY 32
CAT C / D

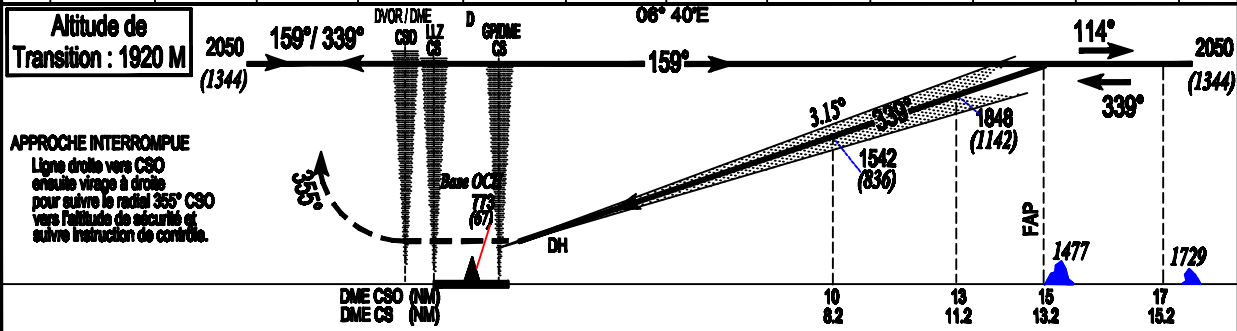
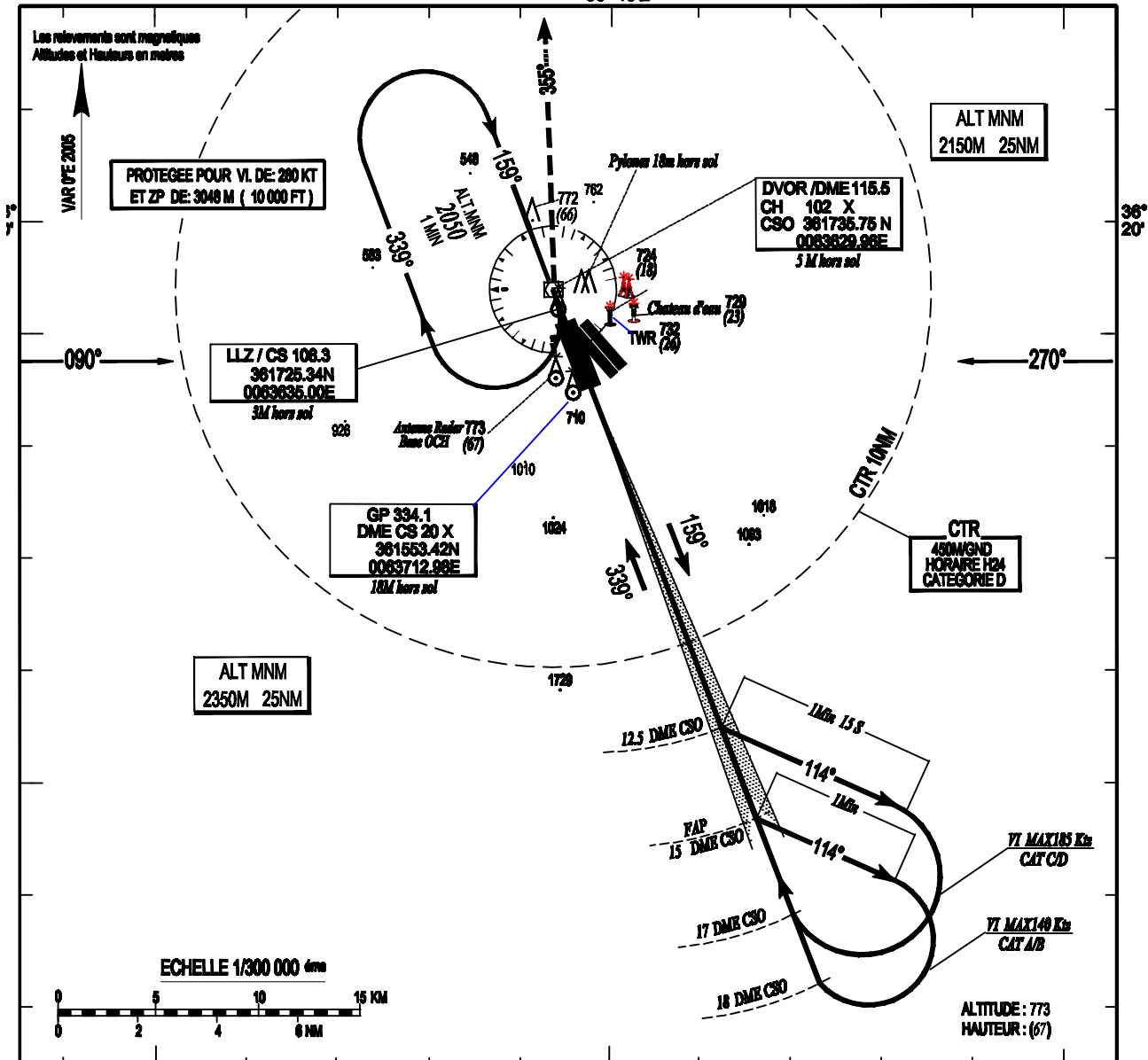


Cat/ACFT	MINIMUMS OPERATIONNELS LES PLUS BAS ADMISSIBLES					
	DVOR/DME RWY 32			Approche à vue a l'Est du terrain		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
C	160 M	530 FT	2800 M	300 M	990 FT	5000 M
D	160 M	530 FT	3600 M	300 M	990 FT	5000 M

ALT.D'AERODROME : 706 M
Les hauteurs sont déterminées
par rapport au THR 34 - ALT 706 M

APP : 120.1
TWR : 118.3, 119.7(s)

CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS - OACI -
DVOR / DME / ILS
RWY 34



REPERES OPERATIONNELS LES PLUS BAS ADMISIBLES

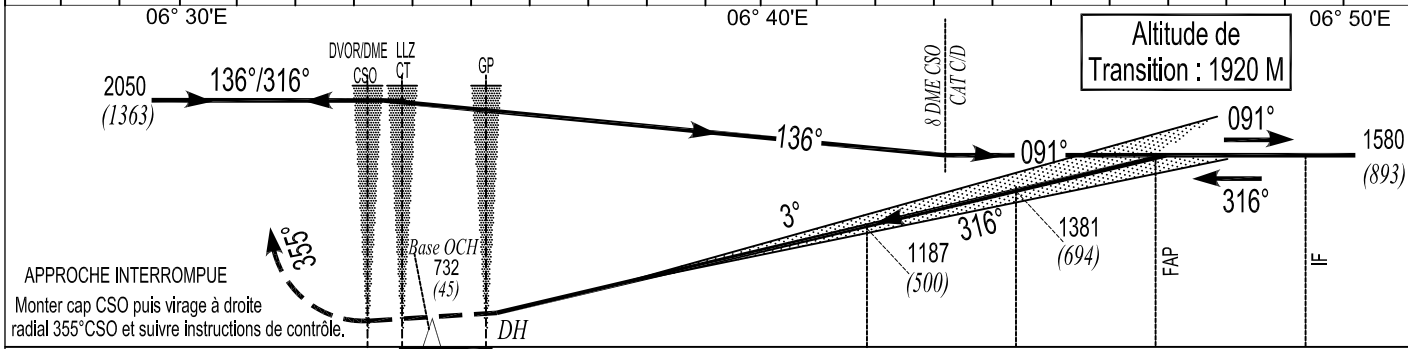
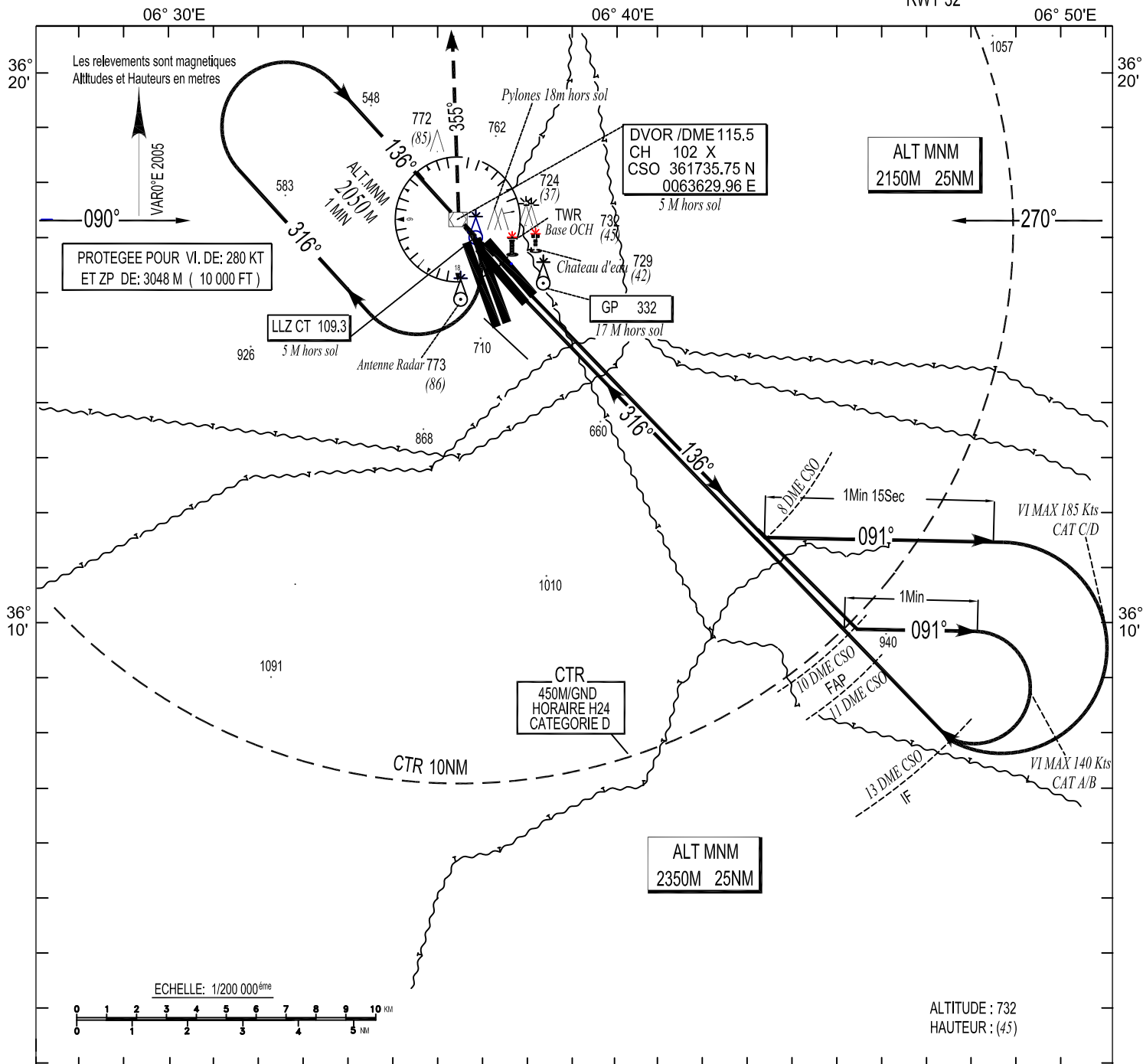
Categorie	D'OPÉRATIONS RWY 34			GP INOP			Approche à vue A l'Etat du terrain		
	OCH	DH	RVR	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VH
A	72 M	240 FT	1300 M	150 M	485 FT	2400 M	300 M	980 FT	5000 M
B	75 M	260 FT	1300 M	150 M	485 FT	2400 M	300 M	980 FT	5000 M
C	78 M	260 FT	1300 M	150 M	485 FT	2800 M	300 M	980 FT	5000 M
D	81 M	270 FT	1300 M	150 M	485 FT	3600 M	300 M	980 FT	5000 M

ALT.AD : 706M

Les hauteurs sont déterminées
par rapport au THR RWY 32 - ALT. 687 M

APP : 120.1
TWR : 118.3 - 119.7(s)

CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS - OACI -
DVOR / DME-ILS
RWY 32



Cat/ACFT	MINIMUMS OPERATIONNELS LES PLUS BAS ADMISSIBLES									
	DVOR/DME-ILS RWY 32				GP INOP			Approche à vue a l'Est du terrain		
	OCH	DH	RVR	VIS	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VH
A	60 M	200 FT	1200 M	1200 M	150 M	500 FT	2400 M	300 M	990 FT	5000 M
B	63 M	210 FT	1200 M	1200 M	150 M	500 FT	2400 M	300 M	990 FT	5000 M
C	66 M	220 FT	1200 M	1200 M	150 M	500 FT	2800 M	300 M	990 FT	5000 M
D	69 M	230 FT	1200 M	1200 M	150 M	500 FT	3600 M	300 M	990 FT	5000 M

LISTE DES ABREVIATIONS

A

ACN : Aircraft Classification Numbre

ASDA : Accelerate Stop Distance Available

C

Ch_a : Capacité horaire 'arrivées'

CWY: Clear Way (prolongement dégagé)

CAT : Catégorie

C : Celsius

C_d : Capacité départ

Cd_{nat} : Capacité départ national

Cd_{int} : Capacité départ international

C_a : Capacité arrivée

Ca_{nat} : Capacité arrivée national

Ca_{int} : Capacité arrivée international

Ch_d : Capacité horaire 'départs

Chm_a : Capacité horaire mixte avec priorité aux arrivées

Chm_d : Capacité horaire mixte avec priorité au départ

D

DABC : Code OACI de l'aéroport de Constantine

DME : DISTANCE MEASURING EQUIPMENT (dispositif de mesure de distance)

Dst : Distance nécessaire à la stabilisation de l'avion

db : Distance entre le seuil d'exploitation et la bretelle de sortie

Dag : Distance perpendiculaire entre l'axe de piste et le point de dégagement

D : Distance de décollage

Ds : Distance de vol du seuil d'exploitation au point de toucher des roues

E

E : EST

ENNA : Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne

EGSA : Etablissement National de Gestion des Aéroports

F

LISTE DES ABREVIATIONS

ft: foot (pied)

H

H:Heure

G

GP : Glide Path (plan de descente)

I

IATA: INTERNATIONAL AIR TRANSPORTATION ASSOCIATION

IFR: INSTRUMENT FLIGHT RULE

IM: Inner Marker

K

KHZ: Kilo Hertz

Kt: Knot (noeud)

Km: kilometer

L

LDA: Landing Distance Available

LLZ: Localizer

L: Locator

Lf: lacher des freins

La : Longueur de la trajectoire d'approche finale

LAA : Distance entre la limite d'autorisation d'atterrir et le seuil

M

m: Mètre

MLS: Microwave Landing System

MM: Middle Marker (radio borne moyenne)

MTOW: Maximum Take Off Weight (masse maximum de decollage)

MHZ: Méga Hertz

N

N: Nord

NDB: No Directional Beacon (radiophare non-directionnel)

NM: Nautical Mile (mille marin)

Na : Nombre d'arrivées

C_t : Capacité Théorique parking

LISTE DES ABREVIATIONS

C_o : Capacité Opérationnelle parking

O

OACI : Organisation d'Aviation Civile Internationale

OM : Outer Marker (radioborne extérieure)

P

PCN : Pavement Classification Nombre

Pax : passagers

Q

QFU : Orientation magnétique d'une piste exprimée en degrés.

R

RWY: Run Way (piste)

RADAR: Radio Detecting And Ranging

RESA: surface de sécurité d'extrémité de piste

S

SWY: Stop Way (prolongement d'arrêt)

T

TOP : Temps d'Occupation de la Piste

TODA: Take Off Distance Available

TORA: Take Off Run Available

TDS: Turbulence De Sillage

TWR : Tower (tour de contrôle)

t_a : Cadence moyenne 'arrivée - arrivée'

t_{ad} : Cadence moyenne 'arrivée - départ'

t_{da} : Cadence moyenne 'départ - arrivée'

t_d : Cadence moyenne 'départ - départ'

V

V_s : Vitesse de passage au seuil d'exploitation

V_1 : vitesse de décision

V_2 : vitesse de montée initiale

VOR: VHF Omni-Range

VDF: VHF direction finding frequency (station radiogoniométrique VHF)

LISTE DES ABREVIATIONS

VHF: Very High Frequency (très haute fréquence)

VFR : Visual Flight Rule (règles de vol à vue)

W: west