

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

Centre universitaire - Ahmed Zabana - Relizane

Institut des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences et de la Technologie

*Polycopié de*

Aérodromes



Elaboré par

Dr .CHAIB OUADDAH

## Table des matières

PREFACE .....	4
INTRODUCTION .....	5
Chapitre 1 : Généralités sur O.A.C.I.....	6
Chapitre 2 : Chaussées Aéronautiques.....	6
Chapitre 3 : Évaluation de la portance résiduelle .....	6
Chapitre 4 : Gestion et suivi des chaussées aéronautiques .....	6
I. CHAPITRE1 : TERMINOLOGIE.....	6
1.1. Termes se rapportant aux aérodromes.....	7
1.1.1. Aérodrome .....	7
1.1.2. Aéroport .....	7
1.1.3. La piste.....	7
1.1.4. Piste à vue .....	8
1.1.5. Piste(s) principale( .....	8
1.1.6. Piste aux instruments .....	8
1.1.7. Aire de mouvement.....	8
1.1.8. Aire de manoeuvre.....	9
1.1.9. Aire de trafic .....	9
1.1.10. Aire d’atterrissage .....	9
1.1.11. Aire de demi-tour sur piste .....	9
1.1.12. Voie de circulation.....	10
1.1.13. Aire de sécurité d’extrémité de piste.....	10
1.1.14. Bande de piste.....	10
1.1.15. Bande aménagée.....	11
1.1.16. Bande de voie de circulation .....	11
1.1.17. Barrette .....	11
1.1.18. Accotement .....	11
1.1.19. Objet frangible.....	11
1.1.20. Obstacle.....	11

1.1.21. Prolongement d'arrêt.....	11
1.1.25. Altitude d'un aérodrome.....	12
1.1.26. Température de référence d'aérodrome.....	12
1.2. Termes se rapportant aux aéronefs.....	12
1.2.1. Aéronef.....	12
1.2.2. Atterrisseur.....	12
1.2.3. Train d'atterrisseur.....	12
1.2.4. Distance de référence d'un avion.....	12
1.3. Terme se rapportant au dimensionnement.....	13
1.3.1. Charges.....	13
1.3.2. Trafic.....	13
2- Classification des aérodromes.....	14
2-1 Classification du code de l'aviation civile.....	14
2-2 Le code de référence d'aérodrome.....	15
3-gestion du trafic aérien.....	16
3.1 Présentation du système existant.....	16
3.1.1 Généralités.....	16
3.1.2 La conception actuelle.....	16
3.1.3 Un système saturé.....	17
3.2 Les évolutions possibles.....	17
3.2.1 Les changements conceptuels.....	17
3.2.2 L'automatisation dans l'avion.....	18
3.2.3 L'automatisation des systèmes de contrôle aérien.....	19
4 : CONCEPTION GEOMETRIQUE.....	20
4.1. Définition.....	20
4.2. Largeur de piste.....	20
3.3. Exemple de dimensionnement.....	21
3.4. Détermination de la catégorie de l'aérodrome.....	22
4.4.1. Caractéristiques des profils en long et en travers de la piste.....	23
4.4.2. Caractéristiques physiques des voies de relation.....	24
4.4.3. Caractéristiques de l'aire de stationnement.....	24
4.5. Calcul de la longueur de piste de l'aérodrome.....	24
4.5.1. Altitude, température et pente.....	25

Chapitre 2 : Chaussées Aéronautiques.....	28
2. Définition d'une chaussée .....	28
2.1. Dimensionnement de la chaussée .....	28
2.1.1. Structure d'une chaussée aéronautique.....	28
2.1.2. Types de structures .....	29
2.1.3. Durée de vie .....	30
2.1.4. Élément dimensionnant .....	31
2.2. Données préliminaires au dimensionnement .....	31
2.2.1. Trafic de dimensionnement .....	31
2.2.2. Le CBR du sol support et des matériaux constitutifs de couches.....	32
2.3. Méthodes de dimensionnement.....	32
Chapitre 3 : Évaluation de la portance résiduelle .....	33
3. 1. Méthode forfaitaire.....	33
3.1.1. Principe.....	33
3.1.2.Étapes du dimensionnement .....	33
3.1.3. Charge réelle (P) .....	33
3.1.4. Charge normale de calcul et coefficients de pondération .....	33
3.1.5. Calcul de l'épaisseur équivalente (Ee) par la formule CBR.....	34
3.3. Volume de terrassements .....	39
Chapitre 4 : Gestion et suivi des chaussées aéronautiques .....	39
4.1 DEFINITIONS.....	39
<b>Le PCN : Pavement classification number</b> .....	40
<b>L'ACN : Aircraft Classification Number</b> .....	41
Utilisation de la méthode.....	42
Principe général.....	42
La procédure en cas de dépassement du PCN .....	42
Références.....	43
Liste des Abréviations.....	44
Liste de Tableaux.....	44
LES FIGURES.....	45

## **PREFACE**

Ce cours d' « Aérodrômes » a été rédigé à l'intention des étudiants de deuxième année Master 2 Travaux public. Il est conforme au programme officiel.

A Fin de Permettre aux étudiants de maitriser la conception et le dimensionnement des plate-formes aéroportuaires, ainsi que la gestion, l'entretien et la rénovation de celles-ci.

Ce polycopié est divisé en quatre chapitres selon le programme de la deuxième année Master 2 Travaux public.

Le contenu du premier chapitre concerne les Généralités sur O.A.C.I

Le chapitre suivant donne un aperçu sur les Chaussées Aéronautiques.

Au chapitre 3, on s'intéresse à l' Évaluation de la portance résiduelle

. Pour le 4ème chapitre, on s'intéresse à la Gestion et le suivi des chaussées aéronautiques Le polycopié représente ainsi un support pédagogique important aux étudiants de Travaux public, il est rédigé d'une manière simple et claire avec des exercices et exemples.

## INTRODUCTION

L'Algérie donne une très grande importance pour la construction d'infrastructures aéronautiques à travers tout le territoire national, car la qualité et le niveau du transport aérien représentent, un indicateur de l'état d'avancement d'un pays. L'Algérie dispose à présent de 55 aérodromes civils, dont 35 classés selon la direction des infrastructures aéroportuaire (DIA).

- 12 Aérodromes : internationaux.
- 10 Aérodromes : nationaux.
- 12 Aérodromes : régionaux.
- 01 Aérodromes : à usage restreint.

Ceci est insuffisant compte tenu de la superficie de notre pays, et le nombre d'usagers qui est en augmentation permanente.

Les chaussées aéronautiques représentent un important patrimoine pour Tous pays; les maintenir en bon état et une préoccupation permanente des services techniques concernés. Le secteur des transports aéronautiques constitue un secteur important dans le développement de l'économie nationale, c'est dans ce contexte que le projet de renforcement et prolongement des infrastructures de l'aérodrome Le gouvernement algérien a commence à augmenter ses capacités de transport aérien, notamment en ce qui concerne les institutions actives dans le secteur. Cette ambition se matérialise au niveau du secteur du transport aérien, par :

- La construction de nouveaux aérodromes et aéroports.
- Améliorer le niveau de service des compagnies aériennes et des aéroports.
- Renforcement du secteur aérien avec de nouveaux aéronefs et des aéronefs perfectionnés.
- La réhabilitation des aérodromes existants.

Dans ce contexte de désenclavement, il revient souvent au Ministère des Transports de l'Algérie de procéder à la mise à niveau des aérodromes existants pour leur permettre d'accueillir des aéronefs critiques, qu'utilise la compagnie nationale air Algérie. Étant donné que le renforcement des aérodromes et/ou leur mise aux normes est une activité récurrente, il est donc important d'asseoir une méthodologie qui retrace les principales étapes de réalisation des travaux de mise aux normes.

## **Chapitre 1 : Généralités sur O.A.C.I**

Différentes parties d'une infrastructure aéroportuaire

Classification des aérodromes et des aéronefs

Fiche technique des aéronefs.

Détermination du trafic aérien

## **Chapitre 2 : Chaussées Aéronautiques**

Dimensionnement des chaussées souples, méthode forfaitaire, méthode optimisée.

Dimensionnement des chaussées rigides, méthode forfaitaire, méthode optimisée.

Construction des chaussées aéronautiques, travaux préparatoires, assainissement et drainage de la plateforme.

## **Chapitre 3 : Évaluation de la portance résiduelle**

Méthode inverse de dimensionnement (essai de plaque)

Cas des chaussées souples.

Cas des chaussées rigides.

## **Chapitre 4 : Gestion et suivi des chaussées aéronautiques**

Méthode ACN /PCN et critères d'admissibilité d'un avion.

Réfection et entretien des chaussées aéronautiques.

## **I. CHAPITRE1 : TERMINOLOGIE**

Chaque domaine a son lexique ; c'est pourquoi il est important de définir quelques mots et expressions en vue de fixer les idées. Toutefois, il ne s'agit pas de définir de long en large

tous les termes afférents aux aérodromes ou à l'aviation civile mais de cibler quelques-uns qui sont utiles dans le cadre de ce projet.

## 1.1. Termes se rapportant aux aérodromes

### 1.1.1. Aérodrome

Selon l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI), L'aérodrome est une Surface, définie sur terre (aérodrome terrestre) ou sur l'eau, comprenant éventuellement bâtiments, installations et matériels, destinée à être utilisée, en totalité ou en partie pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface. La figure n°1 tirée de techniques de l'ingénieur, présente les parties essentielles d'un aérodrome [2].

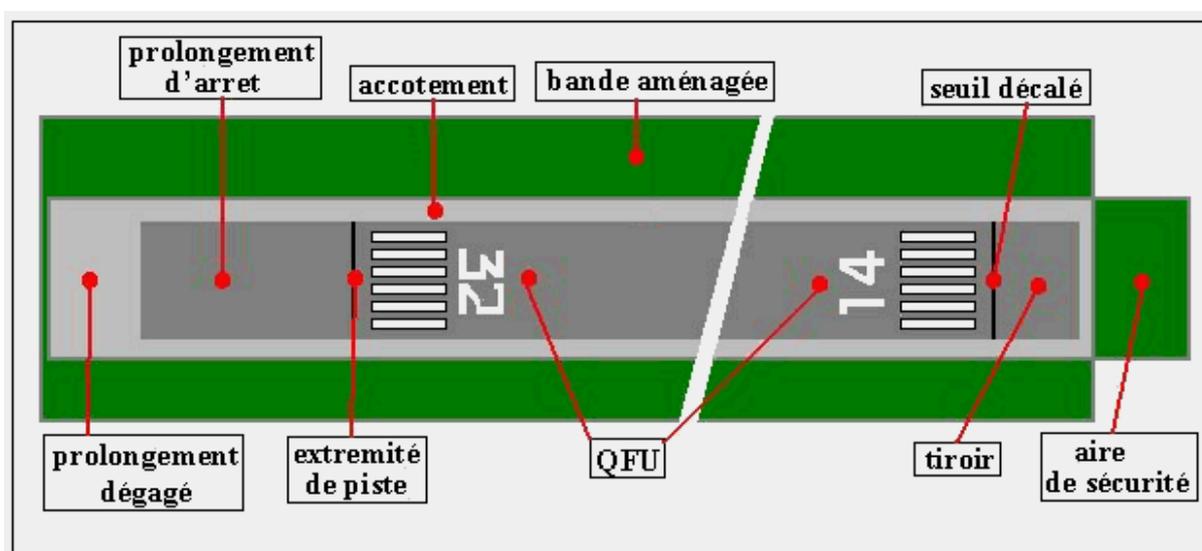


Figure N°02: Différentes parties d'un aérodrome. [3]

### 1.1.2 Aéroport

Ensemble d'installations techniques et commerciales destinées à permettre un trafic aérien important, le plus souvent international. Le terme d'aéroport est souvent employé à la place de celui d'aérodrome.

Tous les aéroports sont des aérodromes mais l'inverse n'est pas vrai. [2]

### 1.1.3. La piste

La piste est une aire aménagée pour assurer le décollage et l'atterrissage des aéronefs. Plusieurs facteurs influents sur le choix de l'implantation et l'orientation et d'une piste ce sont :

- Les données météorologiques (orientations du (des)vent(s)...) [4]
- La topographie de l'emplacement de l'aérodrome, de ses abords (villes, montagne, obstacles). [4]



Figure N°03:les principales possibilités de piste. [13]

#### 1.1.4. Piste à vue

Piste destinée aux aéronefs effectuant une approche à vue.

#### 1.1.5. Piste(s) principale(s)

Piste(s) utilisée(s) de préférence aux autres toutes les fois que les conditions le permettent.

#### 1.1.6. Piste aux instruments

Piste destinée aux aéronefs qui utilisent des procédures d'approche aux instruments.

Ce peut être :

- Une piste avec approche classique. Piste aux instruments desservie par des aides visuelles et une aide non visuelle assurant au moins un guidage en direction satisfaisant pour une approche en ligne droite.
- Une piste avec approche de précision, catégorie I. Piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux et des aides visuelles et destinée à l'approche avec une hauteur de décision au moins égale à 60 m (200 ft), et avec une visibilité au moins égale à 800 m ou une portée visuelle de piste au moins égale à 550 m.
- Une piste avec approche de précision, catégorie II. Piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux et des aides visuelles et destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 60 m (200 ft) mais au moins égale à 30 m (100 ft), et une portée visuelle de piste au moins égale à 350 m.
- Une piste avec approche de précision, catégorie III. Piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux, jusqu'à la surface de la piste et le long de cette surface, et :
  - A. destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 30 m (100 ft), ou sans hauteur de décision, et une portée visuelle de piste au moins égale à 200 m.
  - B. destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 15 m (50 ft), ou sans hauteur de décision, et une portée visuelle de piste inférieure à 200 m mais au moins égale à 50 m.
  - C. destinée à être utilisée sans hauteur de décision ni limites de portée visuelle de piste. [12]

#### 1.1.7. Aire de mouvement

Appelée parfois plateforme, est une partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface et qui comprend l'aire de manoeuvre et la ou les aires de trafic. Les éléments de l'aire de mouvement sont :

- Les directions d'envol.
- Les pistes d'envol.
- Les bandes d'envol.

- Les voies de circulation
- Les aires. [3]



Figure N°04: aire de mouvement. [3]

### 1.1.8. Aire de manoeuvre

Est une partie d'un aéroport qui doit être utilisée pour les décollages, l'atterrissage et la circulation en surface des aéronefs, à l'exclusion des aires de trafic. L'aire de manoeuvre comprend donc la piste d'envol et les voies de relation, qui relient les entrées/ sorties des pistes aux aires de stationnement. [3]

### 1.1.9. Aire de trafic

Aire définie, sur un aéroport terrestre, destinée aux aéronefs pendant l'embarquement ou le débarquement des voyageurs, le chargement ou le Déchargement de la poste ou du fret, l'avitaillement ou la reprise de carburant, le stationnement ou l'entretien. [3]

### 1.1.10. Aire d'atterrissage

Partie d'une aire de mouvement destinée à l'atterrissage et au décollage des aéronefs. [12]

### 1.1.11. Aire de demi-tour sur piste

Aire définie sur un aéroport terrestre, contiguë à une piste, pour permettre aux avions d'effectuer un virage à 180° sur la piste.

Aéronef dont la lettre de code C est (MD-80)  
 Largeur de piste = 45 m  
 Distance entre les roues extérieures = 9,0 m  
 Distance entre le poste de pilotage et le train principal = 20,3 m  
 Rayon de la courbure = 22,0 m  
 C = marge minimale spécifiée dans  
 l'Annexe 14, Volume I, § 3.3.6

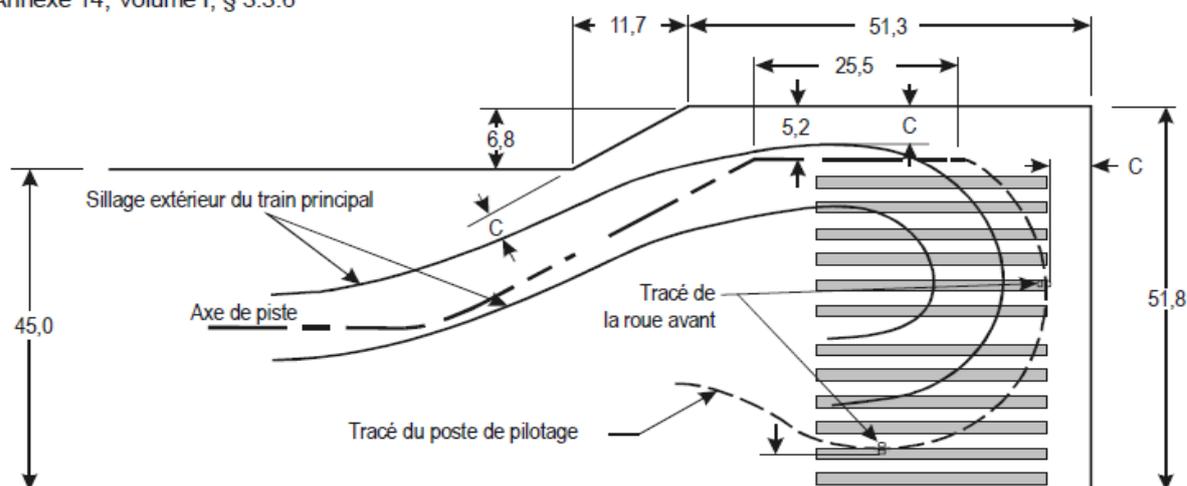


Figure N°05: Plan d'une aire de demi-tour pour un aéronef dont la lettre de code est C. [12]

### 1.1.12. Voie de circulation

Voie définie sur un aérodrome terrestre aménagée pour la circulation à la surface des aéronefs et destinée à assurer la liaison entre différentes parties de l'aire de mouvement ; on distingue :

- l'entrée-sortie de piste qui permet aux aéronefs d'accéder à la piste ou de la quitter.
- la voie de relation qui permet le déplacement des aéronefs entre les entrées sorties de piste et les aires de stationnement, elle est incluse dans l'aire de mouvement.
- la voie de desserte qui est une voie de circulation qui borde ou traverse les aires de trafic.
- la voie d'accès de poste de stationnement d'aéronef qui fait partie de l'aire de trafic et qui est destinée seulement à permettre l'accès à un poste de stationnement d'aéronef.
- la voie de circulation d'aire de trafic est située sur une aire de trafic et destinée à matérialiser un parcours permettant de traverser cette aire.
- la voie de sortie rapide qui est raccordée à une piste suivant un angle aigu et conçue de façon à permettre à un aéronef qui atterrit de dégager la piste à une vitesse plus élevée que celle permise par les autres voies de sortie. [4]

### 1.1.13. Aire de sécurité d'extrémité de piste

Aire symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste et adjacente à l'extrémité de la bande, qui est destinée principalement à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste. [12]

### 1.1.14. Bande de piste

Aire définie dans laquelle sont compris la piste ainsi que le prolongement d'arrêt, si un tel prolongement est aménagé, et qui est destinée :

- à réduire les risques de dommages matériels en cas de sortie de piste d'un aéronef.
- à assurer la protection des aéronefs qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage. [4]

Une bande de piste s'étend latéralement sur une distance spécifiée à partir de l'axe de piste, Longitudinalement avant le seuil, et au-delà de l'extrémité de piste. C'est une zone libre de tout objet risquant de constituer un danger pour les avions. La bande comprend une partie nivelée qui devrait être traitée de façon à ne pas occasionner l'affaissement de l'atterrisseur avant si un aéronef sort de la piste. Les pentes autorisées sur la partie nivelée de la bande sont soumises à certaines limites. La bande de piste est également nécessaire pour protéger les zones sensibles/critiques des ILS/MLS. Une zone libre de tout objet est prévue à l'intérieur de la bande. Tout équipement ou toute installation nécessaire à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs qui se trouve dans la zone libre de tout objet devrait être frangible et d'une hauteur aussi réduite que possible. La piste et tout prolongement d'arrêt associé sont inclus dans une bande de piste. [13]

#### **1.1.15. Bande aménagée**

Aire comprise dans la bande de piste et nivelée à l'intention des aéronefs auxquels la piste est destinée, pour le cas où un aéronef sortirait de la piste. [4]

#### **1.1.16. Bande de voie de circulation**

Aire dans laquelle est comprise une voie de circulation, destinée à protéger les aéronefs se déplaçant sur ladite voie de circulation et à réduire les risques de dommages matériels causés à un aéronef qui en sortirait accidentellement. [4]

#### **1.1.17. Barrette**

Ensemble composé d'au moins trois feux aéronautiques à la surface, très rapprochés et disposés en une ligne droite transversale de telle façon qu'à une certaine distance, il donne l'impression d'une courte barre lumineuse. [4]

#### **1.1.18. Accotement**

Bande de terrain, bordant une chaussée, traitée de façon à offrir une surface de raccordement entre cette chaussée et le terrain environnant et de manière à ce qu'un aéronef sortant accidentellement de cette chaussée ne subisse pas de dommages structurels et que soient évitées les projections ou ingestions de corps étrangers par les groupes motopropulseurs. [12]

#### **1.1.19. Objet frangible**

Objet de faible masse conçu pour casser, se déformer ou céder sous l'effet d'un impact de manière à présenter le moins de risques possible pour les aéronefs. [12]

#### **1.1.20. Obstacle**

Tout ou partie d'un objet fixe (temporaire ou permanent) ou mobile qui est situé sur une aire destinée à la circulation des aéronefs à la surface ou qui fait saillie au-dessus d'une surface définie destinée à protéger les aéronefs en vol. [12]

#### **1.1.21. Prolongement d'arrêt**

Situé en fin de piste dans le sens du décollage et aménagé pour augmenter la distance d'accélération-arrêt de façon à permettre à un aéronef de terminer sa manoeuvre de Décollage interrompu dite d'accélération-arrêt. [12]



Figure N°06:prolongement d'arrêt. [13]

### 1.1.25. Altitude d'un aérodrome

L'altitude d'un aérodrome au point de mesure de l'altitude de l'aérodrome est mesurée au demi-mètre ou au pied près et communiquée aux services d'information aéronautique.

Dans le cas d'un aérodrome où des aéronefs de l'aviation civile internationale effectuent des approches classiques, l'altitude de chaque seuil ainsi que l'altitude des extrémités de piste et de tout point significatif intermédiaire, haut et bas, le long de la piste doivent être mesurées au demi-mètre ou au pied près et communiquées aux services d'information aéronautique. [6]

### 1.1.26. Température de référence d'aérodrome

Une température de référence est déterminée pour chaque aérodrome en degrés Celsius. La température de référence d'aérodrome est considérée comme étant la moyenne mensuelle des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud de l'année (le Mois le plus chaud étant celui pour lequel la température moyenne mensuelle est la plus élevée). Cette température doit être la valeur moyenne obtenue sur plusieurs années. [6]

## 1.2. Termes se rapportant aux aéronefs

### 1.2.1. Aéronef

Appareille ou machine capable de s'élever dans l'atmosphère, de s'y maintenir, de s'y déplacer et/ou d'effectuer une descente contrôlée jusqu'au sol, et ce quel que soit son mode de sustentation et son mode de propulsion. [3]

### 1.2.2. Atterrisseur

Il se définit comme étant un ensemble de roue montée sur une même jambe. Ensemble des atterrisseurs constituent un train d'atterrissage. [6]

### 1.2.3. Train d'atterrisseur

Son rôle est de permettre les déplacements de l'avion au sol et d'amortir les efforts subis lors de la prise de contact avec la piste au moment de l'atterrissage.

Il existe deux types de train : le train tricycle et le train classique. Dans les deux cas, le train peut être fixe ou rentrant. [3]

### 1.2.4. Distance de référence d'un avion

Longueur minimale nécessaire pour le décollage à la masse maximale certifiée au décollage, au niveau de la mer, dans les conditions correspondant à l'atmosphère type, en air calme, et avec une pente de piste nulle, comme l'indiquent le manuel de vol de l'avion Prescrit par les services chargés de la certification ou les renseignements fournis par le

constructeur d'avion. La Longueur en question représente, lorsque cette notion s'applique, la longueur de piste équilibrée pour les avions et, dans les autres cas, la distance de décollage. [4]

### 1.3. Terme se rapportant au dimensionnement

#### 1.3.1. Charges

➤ **Charge réelle P** : Charge effectivement appliquée par un mouvement d'avion a n mouvements par jour pendant 10 ans.

➤ **Charge réelle pondérée P'** :

Charge réelle P pondérée selon la fonction de la chaussée étudiée (en règle générale, les coefficients de pondération des charges réelles sont pris égaux à 1,2 pour les aires de stationnement et à 1 pour les aires de manoeuvre.

➤ **Charge normale de calcul P<sub>n</sub>** : charge à 10 mouvements par jour pendant 10 ans utilisée dans les formules et abaquages pour le calcul de dimensionnement des chaussées, associée à la charge P'.

➤ **Charge admissible P<sub>0</sub>** : charge admissible associée à un atterrisseur donné pour une chaussée donnée selon les règles de dimensionnement pour le trafic normal (trafic constitué par dix mouvements par jour de l'avion produisant la charge normale de calcul pour une durée de vie normale).

➤ **Charge admissible déduite des publications P<sub>a</sub>** : charge maximale admissible à laquelle un atterrisseur peut être reçu sur une chaussée à 10 mouvements par jour pendant 10 ans. Les charges définies ci-dessus désignent une charge sur un atterrisseur. Toutefois, certaines données sont fournies sous la forme de charge totale par avion. [3]

#### 1.3.2. Trafic

Le trafic est un facteur très déterminant dans le dimensionnement d'une chaussée. Il intervient dans la détermination des caractéristiques des profils en travers et de la résistance De la chaussée. Un mouvement réel d'avion représente : pour l'exploitant un décollage ou un Atterrissage et pour le dimensionnement un passage d'un avion sur une chaussée par l'intermédiaire d'un atterrisseur réel lors d'une manoeuvre. Le trafic normal est par convention Le trafic constitué de dix (10) mouvements par jour de l'avion produisant la charge normale de calcul pour une durée de vie normale.

➤ **Mouvement réel** :

Passage d'avion sur une chaussée par l'intermédiaire d'un atterrisseur réel lors d'une manoeuvre (décollage, atterrissage ou roulage).

➤ **Trafic réel** :Mouvements réels appliqués par l'intermédiaire d'atterrisseurs réels de différentes catégories.

➤ **Trafic normal** :

Trafic constitué par dix mouvements par jour de l'avion produisant la charge normale de calcul pour une durée de vie normale. [8]

## 2- Classification des aérodromes

La première guerre mondiale avait ouvert la voie au transport aérien par les progrès qu'elle avait fait faire à l'aviation et par la mise sur le marché d'un parc important d'aéronefs qui ne demandaient qu'à être désarmés. La seconde guerre mondiale a également métamorphosé le paysage aéronautique en produisant des avions banalisant les longues distances mais exigeant des infrastructures adaptées, accessibles en toutes circonstances. La loi du 2 octobre 1946 stipule que les aérodromes publics et privés « destinés à la circulation aérienne publique font l'objet d'une **classification** établie en tenant compte des caractères et de l'importance du trafic qu'ils doivent assurer ».

### 2-1 Classification du code de l'aviation civile

Cette même loi du 2 octobre 1946 précise que les « conditions techniques et administratives de la classification, les catégories dans lesquelles sont classés les aérodromes, » ... font l'objet d'un « règlement d'administration publique ». Ce texte d'application sera le décret du 20 février 1950 qui :

- classera en 4 catégories les aérodromes terrestres créés par l'État ou par d'autres collectivités Publiques territoriales et ouverts à la circulation aérienne publique,
- adoptera pour critères de classement, la longueur d'étape et l'accessibilité ou non en tous temps et en toutes circonstances. Un second décret, en date du 17 septembre 1959, élargira cette classification aux aérodromes toujours ouverts à la circulation aérienne publique mais non créés par l'État ou les collectivités publiques territoriales. Ce second décret retient les mêmes critères que le précédent auxquels il ajoute celui de la nature du trafic assuré par l'aérodrome. Il introduit enfin une catégorie E regroupant les « aérodromes destinés aux giravions et aux aéronefs à décollage vertical ou oblique ».

Cette dernière classification est reprise par l'article R.222-5 du code de l'aviation civile, lequel distingue par suite :

**Catégorie A.** - Aérodromes destinés aux services à grande distance assurés normalement en toutes circonstances.

**Catégorie B.** - Aérodromes destinés aux services à moyenne distance assurés normalement en toutes circonstances et à certains services à grande distance assurés dans les mêmes conditions mais qui ne comportent pas d'étape longue au départ de ces aérodromes.

**Catégorie C.** - Aérodromes destinés :

aux services à courte distance et à certains services à moyenne et même à longue distance qui ne comportent que des étapes courtes au départ de ces aérodromes, 2- au grand tourisme.

**Catégorie D.** - Aérodromes destinés à la formation aéronautique, aux sports aériens et au tourisme et à certains services à courte distance.

**Catégorie E.** - Aérodromes destinés aux giravions et aux aéronefs à décollage vertical ou oblique. S'agissant des **longueurs d'étape**, il apparaît que, alors qu'elles auraient dû l'être en vertu de l'article premier du même décret de 1959, les limites séparant les catégories A, B et C n'ont jamais été officiellement fixées. Il est toutefois d'usage courant de considérer que les étapes longues sont supérieures à 3 000 km, que les étapes moyennes sont comprises entre 1 000 km et 3 000 km et que les étapes courtes sont inférieures à 1 000 km.

## 2-2 Le code de référence d'aérodrome

La mise en service d'avions de grande capacité sur certaines lignes de moyenne voire courte distance fait toutefois, depuis quelques années, que les caractéristiques géométriques des aérodromes concernés ne découlent plus aussi simplement de la longueur d'étape au départ et de l'utilisation ou

non possible en toutes circonstances, mais doivent être élevées au niveau exigé par l'**avion le plus exigeant\*** y faisant escale. Tel est le critère recommandé par l'O.A.C.I. depuis 1982 et que la présente Instruction adopte aujourd'hui pour la conception des aérodromes. L'Annexe 14 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale définit à cette fin un **code de référence** d'aérodrome à caractéristiques normales comportant deux éléments liés aux caractéristiques de performances et aux dimensions des avions appelés à utiliser cet aérodrome. Le premier de ces deux éléments est un **chiffre** fondé sur la **distance de référence de l'avion** définie par l'Annexe 14 comme étant la longueur **minimale**, indiquée par son manuel de vol approuvé par l'autorité compétente ou dans une documentation équivalente du constructeur de l'avion, nécessaire pour son décollage à la masse maximale certifiée au décollage, au niveau de la mer, dans les **conditions** correspondant à l'atmosphère **standard**, en air calme et avec une pente de piste nulle. Le second élément du code de référence est une **lettre** fondée sur les valeurs maximales des envergures et des largeurs hors tout des trains principaux des avions auxquels l'installation est destinée. Le tableau ci-après donne les éléments constituant le code de référence d'un aérodrome en fonction des caractéristiques de performances et des dimensions des avions auxquels l'installation est destinée.

<i>ÉLÉMENT DE CODE 1</i>		<i>ÉLÉMENT DE CODE 2</i>		
<i>Chiffre de Code</i>	<i>Distance de référence de l'avion</i>	<i>Lettre de Code</i>	<i>Envergure</i>	<i>Largeur hors-tout de train principal (a)</i>
<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>(5)</i>
<i>1</i>	<i>moins de 800 m</i>	<i>A</i>	<i>moins de 15 m</i>	<i>moins de 4,5 m</i>
<i>2</i>	<i>800 m à 1 200 m exclus</i>	<i>B</i>	<i>15 m à 24 m exclus</i>	<i>4,5 m à 6 m exclus</i>
<i>3</i>	<i>1 200 m à 1 800 m exclus</i>	<i>C</i>	<i>24 m à 36 m exclus</i>	<i>6 m à 9 m exclus</i>
<i>4</i>	<i>1 800 m et plus</i>	<i>D</i>	<i>36 m à 52 m exclus</i>	<i>9 m à 14 m exclus</i>
		<i>E</i>	<i>52 m à 65 m exclus</i>	<i>9 m à 14 m exclus</i>
		<i>F</i>	<i>65 m à 80 m exclus</i>	<i>9 m à 16 m exclus</i>

*(a) Distance entre les bords extérieurs des roues du train principal*

Le **chiffre de code** correspondant à l'élément 1 est déterminé en fonction de la plus grande des distances de référence des avions auxquels la piste est destinée. La **lettre de code** relevant de deux critères, celle devant être choisie sera, lorsque l'envergure et la largeur hors tout du train principal de l'avion le plus exigeant placent celui-ci sur deux lignes différentes, la lettre commandant celle de ces deux lignes qui correspond aux caractéristiques les plus élevées.

## 3-gestion du trafic aérien

### 3.1 Présentation du système existant

#### 3.1.1 Généralités

Avant toute chose, précisons ici pour les lecteurs non familiers du monde de la Navigation Aérienne quelques notions utiles à la compréhension du reste de ce document. On distingue principalement deux types de circulation aérienne civile : l'approche, qui désigne la circulation autour des aérodromes, et l'en-route, c'est-à-dire la circulation des avions entre la zone d'approche de départ et celle d'arrivée.

Dans les zones d'approche, la circulation est généralement dense. Le travail des contrôleurs aériens consiste à amener les avions entrants de leur point d'entrée dans la zone d'approche jusqu'à la piste, et à guider les avions au décollage jusqu'à leur point de sortie, tout en respectant les cadences maximales d'utilisation de la (ou des) piste(s). La circulation est généralement organisée selon des itinéraires de départ ou d'arrivée, la difficulté du contrôle consistant alors à faire manoeuvrer des avions horizontalement, verticalement, ou en ajustant leur vitesse, dans un espace restreint et encombré, de façon à les mettre en séquence sur leur itinéraire de départ ou d'arrivée.

La circulation aérienne en-route est organisée selon des itinéraires prédéterminés (on parle aussi parfois de «couloirs aériens»), jalonnés de points de report obligatoires et de balises radio-électriques. Le trafic est généralement moins dense qu'autour des aéroports.

L'espace aérien civil est découpé en secteurs, placés chacun sous la responsabilité d'une unité de contrôle d'espace. Il s'agit d'une équipe de deux contrôleurs chargée de régler les conflits de trajectoire entre les avions qui suivent des routes traversant le secteur, ou le groupe de secteurs, à sa charge.

#### 3.1.2 La conception actuelle

L'objectif des organismes chargés de gérer la circulation aérienne est d'assurer la sûreté et l'efficacité de l'écoulement du trafic aérien. La gestion du trafic aérien est souvent décrite comme une imbrication de filtres dont le but est d'éviter la collision des avions circulant dans l'espace aérien :

**Stratégique** : c'est l'organisation à long terme de la structure de l'espace aérien (routes, secteurs, zones militaires, etc) et de l'affectation des flux de trafic sur le réseau de routes.

**Pré-régulation** : au jour J-2 est défini un schéma de pré-régulation du trafic pour le jour J, en fonction du trafic prévu et d'un schéma prévisionnel d'ouverture des secteurs aériens par les centres de contrôle. **Régulation en temps réel** : le jour J, le schéma de régulation est réajusté en fonction du trafic réel et des impondérables du moment.

**Contrôle tactique** : c'est la phase clé consistant à assurer la séparation entre les avions traversant l'espace. L'horizon temporel du contrôle va de la trentaine de minutes pour la pré-détection d'un conflit présumé, jusqu'à quelques minutes avant le conflit pour la résolution proprement dite.

**Anti-collision d'urgence** : il s'agit de systèmes embarqués sur l'avion, dont le but est de détecter la présence du trafic environnant et d'en informer le pilote, et en dernier recours de lui fournir des avis d'évitement lorsqu'une collision est anticipée. L'horizon temporel de l'anticollision est d'environ 45 secondes avant la collision présumée.

### 3.1.3 Un système saturé

Depuis sa création, le secteur du transport aérien est un domaine globalement en forte croissance.

Le trafic aérien ne cesse d'augmenter, causant des saturations de plus en plus fréquentes des systèmes de contrôle aérien. Pour parer à ces surcharges, de nombreuses solutions ont été envisagées, dont principalement : augmenter la capacité du système, ou adapter le trafic à la capacité existante.

Augmenter la capacité, c'est mettre en oeuvre des moyens permettant de prendre en charge plus

d'avions dans l'espace contrôlé. Ce qui veut dire améliorer les méthodes de travail, tirer parti au maximum des technologies de traitement de l'information, mais aussi éventuellement engager plus de personnel, ou encore faire travailler plus les personnels disponibles.

Réguler le trafic en fonction de la capacité disponible, c'est imposer des contraintes aux opérateurs aériens, sur l'heure de départ, et éventuellement sur l'itinéraire et l'altitude de croisière des vols.

On peut aussi tenter d'adapter le trafic aux ressources disponibles par des contraintes tarifaires, en augmentant les taxes d'atterrissage aux heures de pointe sur les aéroports saturés, comme à Londres par exemple. Depuis longtemps déjà, les organismes de la circulation aérienne ont mis en place des mesures de régulation du trafic pour éviter les surcharges du système de contrôle. Celles-ci sont plus rapides et plus faciles à mettre en oeuvre qu'une augmentation de la capacité, mais atteignent également leur limites. Les rapports de la Performance Review Commission d'Eurocontrol ([Com00], [Com01]) l'indiquent clairement : le système de gestion du trafic, dans sa conception actuelle, est structurellement saturé. A titre d'exemple, une augmentation d'un peu plus de six pour cent du trafic en 1999 s'est traduite par soixante-huit pour cent d'augmentation des retards dus à l'ATFM en-route. Bien sûr, on peut toujours prévoir à plus ou moins long terme un scénario d'effondrement du trafic aérien mondial, suite à l'épuisement des réserves pétrolières. Mais, en attendant, le développement du trafic mondial, en particulier dans les pays émergents du continent asiatique, ne laisse pas prévoir de fléchissement immédiat. Le système actuel doit donc évoluer en permanence pour pouvoir gérer un trafic en croissance. Plusieurs évolutions sont envisageables, sur le plan conceptuel comme sur le plan technologique, que nous allons évoquer succinctement.

## 3.2 Les évolutions possibles

### 3.2.1 Les changements conceptuels

Un certain nombre de concepts émergents proposent des changements radicaux dans la façon de gérer le trafic aérien. Dans une conception toute libérale qui nous vient d'outre-atlantique, le free flight ([Fre95b], [fre95a]) permettrait aux avions de suivre des routes directes de leur choix dans les espaces à relativement faible densité de trafic. Ce concept peut être envisagé de différentes manières, dont les suivantes :

– en supposant des possibilités de navigation 4D pour le FMS1 et des liaisons de données solbord, un système de contrôle au sol donnerait des instructions de navigation au FMS de l'avion, avec d'éventuelles négociations de trajectoire entre l'avion et le contrôle, afin d'assurer l'anticollision (projet ARC2000 d'Eurocontrol),

– en supposant un équipement embarqué d’anticollision (TCAS/ACAS) sophistiqué et des liaisons de données entre aéronefs, les avions assureraient eux-mêmes leur anticollision en négociant entre eux les trajectoires, de façon automatique.

Ces deux hypothèses sont le reflet de deux “philosophies” qui s’affrontent en matière de sécurité aérienne : celle où les vols sont entièrement sous la responsabilité d’organismes au sol, et celle de l’avion entièrement autonome. N’importe quelle option entre ces deux extrêmes est bien sûr envisageable, et sans doute plus réaliste. Le concept free-flight proprement dit, développé initialement aux Etats-Unis, favorise plutôt l’approche distribuée, alors que le concept free-route ([Fre01], [Fre02]), proposée par huit états européens, s’oriente vers une approche plus centralisée.

Deux autres concepts plus récents, le super-sector et le sector-less proposés par le département

Innovative Research d’Eurocontrol ([DGNS01], [GNG+03]), envisagent un contrôle au sol dont les missions seraient complètement redéfinies. Le contrôleur ne gérerait plus des avions à l’intérieur d’un secteur, mais assurerait le suivi d’un groupe d’avions du départ à l’arrivée, ou pendant la traversée d’un secteur de grande taille, en ayant pour mission d’éviter les conflits avec le reste du trafic. Ces concepts, encore à l’étude, impliqueraient une redéfinition complète du réseau de routes aériennes, et il n’est pas encore prouvé qu’ils apportent un gain, dans la capacité à traiter plus de trafic en toute sécurité, par rapport au système actuel.

### 3.2.2 L’automatisation dans l’avion

En parallèle du débat sur le choix entre un système centralisé, au sol, et un système réparti entre tous les avions, se pose la question fondamentale de l’automatisation. Le train à grande vitesse sans conducteur serait possible sans la résistance psychologique des passagers à l’idée de se déplacer aussi vite dans un engin commandé par une machine. Notons d’ailleurs que le rôle du conducteur se réduit à maintenir les mains sur le volant et à surveiller que tout se passe bien. Le métro sans conducteur existe déjà, ce qui prouve que l’attitude du passager à l’égard de l’automatisme est susceptible d’évoluer.

Pourquoi pas, d’ici quelques temps, envisager l’avion sans pilote ?

Outre les impératifs de productivité qui poussent à l’automatisation, les statistiques montrent que l’homme est une des principales causes directes des accidents d’avions. Le débat ne porte donc plus actuellement sur la question de savoir s’il faut ou non automatiser, mais plutôt de quelle manière il faut le faire.

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

Cependant, les équipements embarqués offrent de plus en plus de facilités dans la navigation et le positionnement de l’avion, d’informations sur la météo et sur le trafic environnant, et vont même jusqu’à proposer au pilote des manoeuvres d’évitement des collisions. Associés à des systèmes dits “tête haute” 2 d’aide au pilotage, ces systèmes pourraient permettre à un pilote humain de s’affranchir des informations, voire des instructions, provenant des

organismes au sol, pour assurer lui-même et complètement la sécurité de son avion et de ses passagers. Mais la même alternative avec un pilote automatique et un système performant d'anticollision n'est pas non plus impensable. Concernant l'avion, il semblerait que les tenants du tout-automatique aient aujourd'hui l'avantage. Avec les cockpits des dernières générations d'avions Airbus A320, A330, A340 et Boeing B777, le rôle des pilotes consiste de plus en plus à donner des ordres au pilote automatique à travers un clavier, et à surveiller que les automatismes fonctionnent correctement. Les liaisons de données air-sol, ou les liaisons de données air-air associées aux systèmes anticollision risquent même à courte échéance de dispenser le pilote humain d'avoir à donner ces ordres. Dans le cas de l'avion, la transition entre le pilotage "au manche" et le pilotage via FMS s'est faite brutalement. Si ce nouveau type de pilotage "au clavier" est intéressant, en particulier pour les possibilités de suivre automatiquement des procédures standardisées, il présente néanmoins quelques inconvénients, dont la difficulté pour un pilote humain de "reprendre la main" en cas de besoin. Plusieurs possibilités se présentent pour l'avenir :

- le statu quo, en partant de l'hypothèse que les pilotes humains soient de mieux en mieux formés au pilotage au clavier. Le risque étant que lesdits pilotes ne sachent plus réagir correctement en cas de défaillance des automatismes,
- une évolution vers plus d'automatisation, de façon à supprimer totalement les cas où l'intervention de l'homme s'avère nécessaire, et à limiter au maximum les risques de défaillance des systèmes. Le principal argument militant pour cette évolution est que la cause principale des accidents d'avions est le facteur humain.
- l'intégration, en plus des fonctions existantes ou à venir, d'automatismes qui aident réellement au pilotage humain, en particulier dans les phases délicates de décollage et d'atterrissage, celles où il est le plus crucial qu'un pilote humain puisse intervenir rapidement et à bon escient si besoin est. Les dispositifs "tête haute" semblent à cet égard plus qu'utiles, et permettent de plus aux pilotes de pratiquer un pilotage actif, en bref de ne pas perdre la main. L'argument selon lequel, pour éviter que l'homme ne soit le maillon faible du pilotage, il faut construire des avions qui soient conçus pour être pilotés par des humains, ne manque pas d'intérêt.

### 3.2.3 L'automatisation des systèmes de contrôle aérien

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

Les tâches du contrôleur "radar", celui qui donne les instructions aux avions, peuvent grossièrement

se répartir de la manière suivante :

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

avions sortant du secteur.

Par ailleurs, un ou plusieurs contrôleurs “organiques” prennent en charge les autres tâches liées à la coordination, dont notamment celles de planification, et celles de pré-détection des conflits. La résolution de conflits est la tâche la moins coûteuse en temps pour le contrôleur et la plus difficile à automatiser. Les autres tâches seront donc sans doute automatisées d’abord, ce qui requiert de disposer des liaisons de données sol-bord. Quelle que soit l’évolution à venir, la manière la plus sûre d’automatiser les tâches du contrôle semble être d’offrir d’abord au contrôleur humain la possibilité de se décharger de certaines d’entre elles sur la machine. La démarche actuelle est donc de proposer des aides automatiques “intelligentes”, pour la détection et la résolution de conflits, pour la surveillance et la coordination du trafic.

## 4 : CONCEPTION GEOMETRIQUE

### 4.1. Définition

La conception géométrique impose bien des études préalables pour définir la détermination des caractéristiques physiques de l’aérodrome, notamment la longueur et la largeur de piste ainsi que les dimensions des différentes aires de mouvement en fonction de l’avion dimensionnant.[6]

### 4.2. Largeur de piste

La largeur d’une piste revêtue ne doit pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau ci-dessous, en fonction des codes de référence voir Annexes

Tableau N°01: Largeurs des pistes. [12]

chiffre de lettre de code code	chiffre de lettre de code code				
	A	B	C	D	E
1	18m (*)	18m (*)	23m (*)	-	-
2	23m(*)	23m(*)	30m	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-
4	-	-	45m	45m	45m

(\*) Lorsque le chiffre de code est 1 ou 2, la largeur d’une piste avec approche de précision ne doit pas être inférieure à 30 m.

En ce qui concerne les pistes non revêtues, la largeur minimale est de 50 m ou de 80 m selon qu’il s’agit d’une piste pour avions ou d’une piste pour planeurs. Font apparaître que la largeur de piste spécifiée pour chaque code de référence d’aérodrome est nécessaire à l’exploitation.

Si l'on prévoit d'utiliser des pistes d'une largeur inférieure aux valeurs spécifiées ci-dessus, il faut en étudier les conséquences sur la sécurité, l'efficacité et la régularité des vols, ainsi que sur la capacité des aéroports. La largeur de piste est donnée par l'expression :

$$(L=T+2e_R)$$

Où

**L** : largeur de piste.

**T** : largeur hors-tout du train principal.

**e<sub>R</sub>** : marge entre les roues extérieures et le bord de piste.

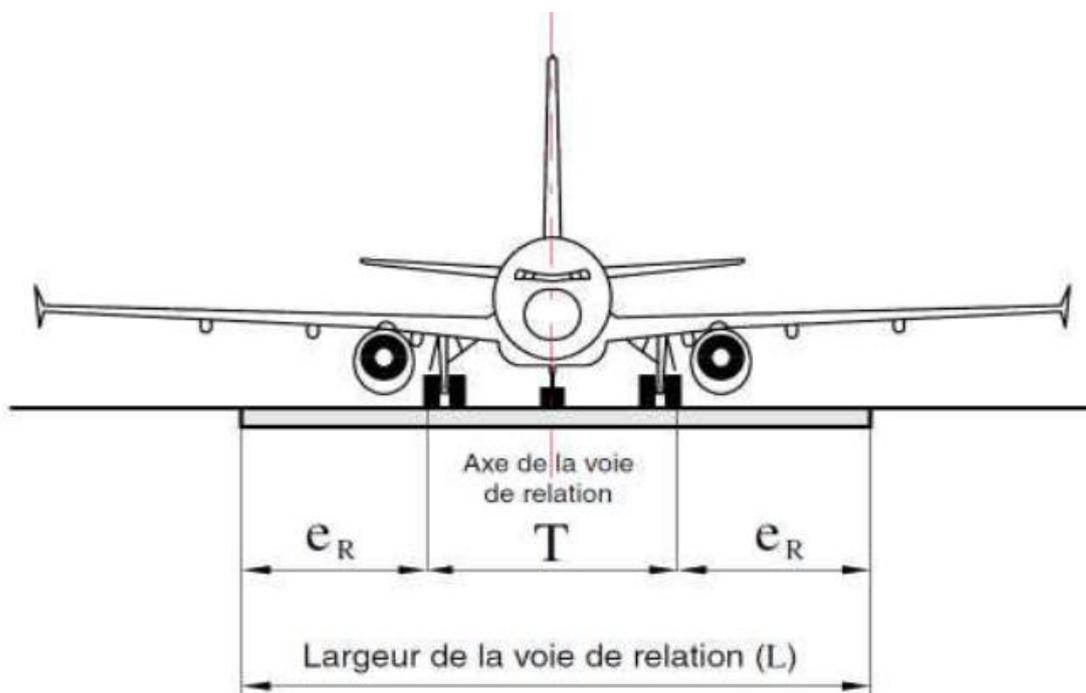


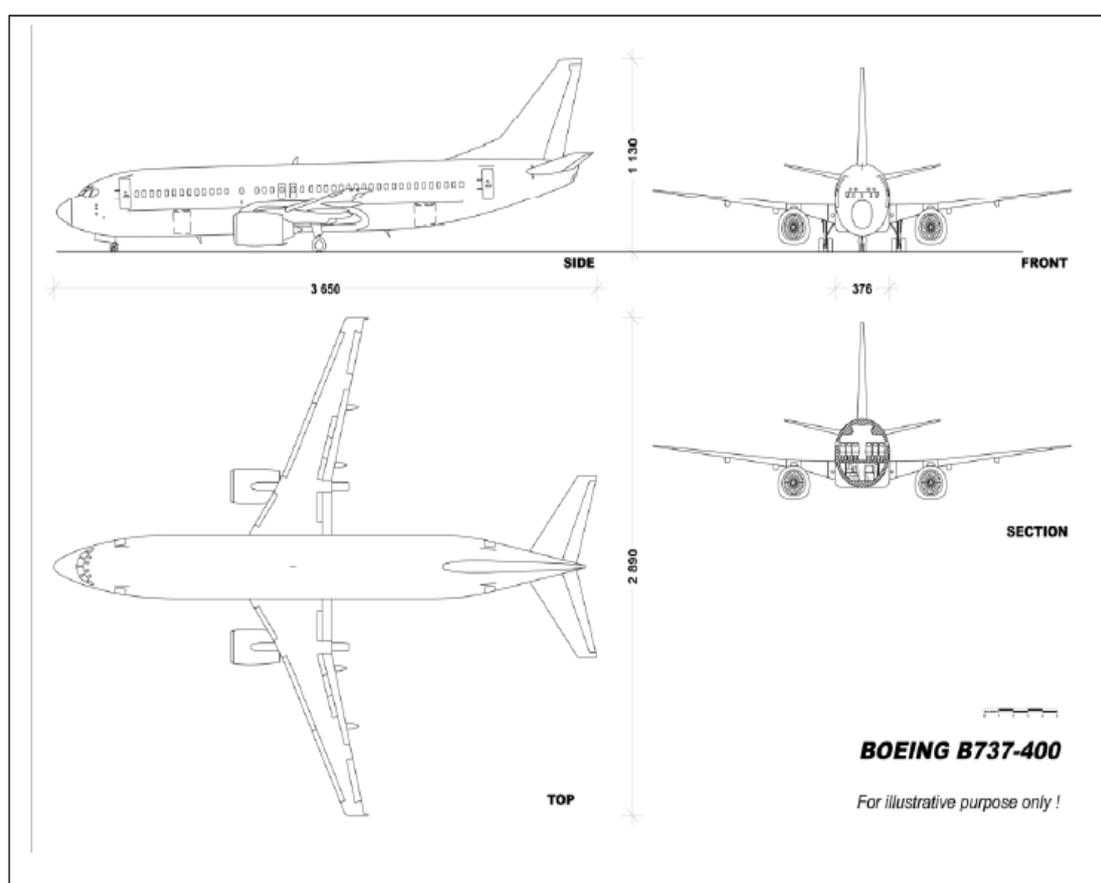
Figure N°09: Géométrie de la largeur de piste. [9]

### 3.3. Exemple de dimensionnement

L'aéronef dimensionnant l'aérodrome d'ABOUBAKRE BELKAID est défini par l'Autorité De l'Aviation Civile (ADAC) ; c'est le B737-400 dont les caractéristiques sont répertoriées dans le tableau n°2.

**Tableau N°02: Caractéristiques du B737-400. [10]**

Envergure	Longueur	Hauteur	Distance de décollage	Altitude Maximal
28.88m	36.45m	11.13m	2540m	11200m



**Figure N°10: Boeing B737-400. [10]**

### 3.4. Détermination de la catégorie de l'aérodrome

Le code de référence fournit une méthode simple permettant d'établir une relation entre les nombreuses spécifications qui traitent des caractéristiques d'un aérodrome afin de définir Une série d'installations adaptées aux avions qui seront appelés à utiliser cet aérodrome. Ce code ne sert pas à déterminer les spécifications de longueur de piste ou de résistance des chaussées. Le code de référence se compose de deux éléments liés aux caractéristiques de performances et aux dimensions de l'avion.

- **L'élément 1** : est un chiffre fondé sur la distance de référence de l'avion défini comme étant la longueur minimale. Elle est indiquée dans le manuel de vol fourni par le constructeur.
- **L'élément 2** : est une lettre fondée sur l'envergure de l'avion et la largeur hors tout de son train principal. Une spécification particulière est rattachée au plus déterminant des deux éléments du code ou à une combinaison appropriée de ces deux éléments. La lettre ou le chiffre de code, à l'intérieur d'un élément choisi à des fins de calcul, est rattaché aux caractéristiques de l'avion critique pour lequel l'installation est fournie. Lors de l'application des dispositions de cet arrêté, on détermine en premier lieu les avions que l'aérodrome est destiné à recevoir, puis les deux éléments du code [4].

**Le tableau n°2 permet de déterminer le code de référence de l'aérodrome.**

Élément de code 1		Élément de code 2		
Chiffre de code	Distance de référence de l'avion	Lettre de code	envergure	Largeur hors tout du train principal
1	Moins de 800m	A	Moins de 15m	Moins de 4.5m
2	800m à 1200m exclus	B	15m à 24m exclus	4.5m à 6m exclus
3	1200 m à 1800 m exclus	C	24 m à 36 m exclus	6 m à 9 m exclus
4	1800 m et plus	D	36 m à 52 m exclus	9 m à 14 m exclus
		E	52 m à 65m exclus	9 m à 14m exclus
		F	65 m à 80 m exclus	9 m à 16 m exclus

D'après le tableau de code de référence ci-dessus, l'aérodrome d'ABOUBAKRE BELKAID, après la mise à niveau, sera de catégorie 4C.

#### 4.4.1. Caractéristiques des profils en long et en travers de la piste.

La détermination de la catégorie de l'aérodrome d'ABOUBAKRE BELKAID, c'est-à-dire son code de référence (4C) permet de déduire à partir des standards établis par l'Instruction Technique de l'Aviation Civile (ITAC), les caractéristiques physiques essentielles de la piste. Le tableau n°3 récapitule ces caractéristiques.

### Tableau N°04: Caractéristiques de la piste. [7]

Profil en long				Profil en travers	
Pente long Moyenne	Pente long Ponctuelle	Changement de Pente	Rayon de raccord. Minimum	Pente transversale	Largeur
1%	1.25%	1.5%	30000m	1.5%	45m

**Remarque :** les pentes et le rayon de raccordement s'appliquent également aux parties annexes de la piste.

#### 4.4.2. Caractéristiques physiques des voies de relation

Ces caractéristiques sont également déduites à partir du code de référence de l'aérodrome projeté (4C).

**Tableau N°05: Voies de relation. [7]**

Voie de relation		Voie de desserte		Accotement minimal
Largeur	Marge $e_R$ de dégagement	Largeur	Marge $e_R$ de dégagement	
18m	4.5m	13m	2m	7.5m

#### 4.4.3. Caractéristiques de l'aire de stationnement

L'aire de stationnement est longue de 200 m et large de 120 m. Ces dimensions sont fixées par l'Autorité De l'Aviation Civile dans les termes de référence du projet. [7]

### 4.5. Calcul de la longueur de piste de l'aérodrome

La longueur de piste est fonction de la distance de référence de l'avion dimensionnant. Elle est de 2540 mètres pour le Boeing 737- 400, cette distance représente la longueur théorique de la piste.

C'est pourquoi le manuel de conception et d'exploitation technique des aérodromes recommande d'affecter des coefficients correcteurs aux longueurs de base données par les Catalogues d'avions afin de déterminer la longueur réelle de la piste en tenant compte des conditions locales ; ces coefficients sont entre autres :

- Le coefficient de correction d'altitude.
- Le coefficient de correction de température.

- Le coefficient de correction de pente.

#### 4.5.1. Altitude, température et pente

L'altitude est déterminée à partir du code projet (ligne rouge) et la pente est celle donnée par le tableau n°5, recommandée par l'instruction technique sur les aérodromes civils. En ce qui concerne la température, donne par la station météorologique équipée sur l'aérodrome de\*ABOUBAKER BELKAID\*.

**Tableau N°6: Données locales. [1]**

Altitude de l'aérodrome	Température de référence	Pente moyenne
153m	34°C	1%

#### 4.5.2. Le coefficient de correction d'altitude (Cca)

$$Cca = (1 + N1/100)$$

Avec :

$$N1 = 7h/300$$

$$Cca = (1 + 7h/300 * 100)$$

**h** : altitude de référence de l'aérodrome, exprimée en mètre.

$$Cca = (1 + 7 * 153 / 300 * 100) = 1.0357$$

$$Cca = 1.04$$

#### 2.5.3. Le coefficient de correction de température (Cct)

$$Cca = (1 + 2n / 100)$$

Avec :  $N_2 = T - t$

**T** : température de référence de l'aérodrome, étant la température moyenne mensuelle des températures maximales quotidiennes, du moi le plus chaud de l'année, exprimée en degrés Celsius

**t** : température en atmosphère type à l'altitude de l'aérodrome, ayant pour valeur en degrés Celsius :

$$t = 15^\circ\text{C} - 0.0065h.$$

D'où :

$$Cct = 1 + \frac{T-t}{100}$$

$$\rightarrow Cct = 1 + \frac{T - 15^\circ\text{C} - 0.0065h}{100}$$

$$Cct = 1 + \frac{34 - 15 - 0.0065 * 153}{100} = 1.20$$

$$Cct = 1.20$$

#### 2.5.4. Le coefficient de correction de pente (Ccp)

$$Cca = (1 + 2n / 100)$$

Avec :  
N3= 10p

$$Ccp = (1 + \frac{10p}{100})$$

**P** : La pente obtenue en divisant la différence entre les niveaux maximal et minimal le long de l'axe de piste par la longueur de la piste ne doit pas dépasser

- 1 % lorsque le chiffre de code est 3 ou 4.
- 2 % lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

$$Ccp = \left(1 + \frac{1\% * 10}{100}\right) = 1.1$$

$$Ccp = 1.1$$

### 2.5.5. Le coefficient global (N)

C'est le coefficient à appliquer pour obtenir la longueur réelle de piste.

$$N = \left(1 + \frac{n1}{100}\right) \times (1 + n2/100) \times \left(1 + \frac{n3}{100}\right)$$

$$N = Cca \times Cct \times Ccp$$

$$N = 1.04 \times 1.20 \times 1.1 = 1.3728$$

$$N = 1.37$$

### 2.5.6. Calcul de la longueur réelle de piste (Lp)

La longueur réelle de la piste est égale à la distance de référence (distance de décollage) de l'avion dimensionnant multiplié par le coefficient global de Correction.

$$Lp = Dr * N$$

$$Lp = 2540 * 1.37 = 3479.8$$

$$Lp = 3480$$

D'où la longueur de piste avec les prolongements d'arrêt est:

Prolongement d'arrêt (swy) = 100

$$Lp + pL = 3480 + 100 + 100 = 3680m$$

$$L_p + pL = 3680\text{m}$$

### 2.5.7. Caractéristiques physiques de la bande de pistes

Elles découlent également du code de référence de l'aérodrome, excepté la longueur minimale de bande de piste qui se calcule après détermination de la longueur réelle de piste.

**Tableau N°07: Caractéristiques de la bande de piste. [7]**

Bande de piste		Partie aménagée		
Longueur Minimal	largeur	largeur	Pente longitudinale	Pente transversale
3800m	≤150 m	≤150 m	1.5%	2.5%

La longueur minimale de bande de piste est égale :

$$L_b = L_p + PA1 + PA2 + 120\text{m}$$

- $L_b$  : longueur minimale de bande de piste.
- $L_p$  : longueur de la piste.
- $PA$  : prolongement d'arrêt (dans le cadre de ce projet il est prévu deux prolongement d'arrêt de 100 mètres).

$$L_b = 3480 + 100 + 100 + 120$$

$$L_b = 3800\text{m}$$

### 2.5.8. Récapitulatif des résultats

Les résultats essentiels de ce qui précède, sont récapitulés dans le tableau n°7 :

**Tableau N°08: Récapitulatif des résultats**

Catégorie de l'aérodrome	Longueur de piste	Largeur de piste	Longueur de bande de piste	Largeur de bande de piste	Largeur de la bretelle
4C	3480m	45m	3800m	150m	18m

**Remarque :** la largeur de bande de piste est comptée à partir de l'axe de la piste.

## Chapitre 2 : Chaussées Aéronautiques

### 2. Définition d'une chaussée

Le concept Chaussée de façon globale désigne une surface spécialement aménagée, sur le sol ou sur un ouvrage pour le stationnement ou la circulation des personnes, des véhicules et avions. Elle fait généralement partie d'un ouvrage plus complexe. Son objectif premier est d'assurer une viabilité permanente et de permettre la circulation en toute saison et en toute sécurité sans intervention d'un entretien courant. [11]

### 2.1. Dimensionnement de la chaussée

Le dimensionnement routier fait appel à une méthode de calcul de l'épaisseur de la chaussée. Il consiste à évaluer le niveau de sollicitation de la structure et de déterminer les épaisseurs à donner Aux différentes couches de la chaussée afin de réduire les contraintes et déformations à des valeurs admissibles pour un trafic donné. Le dimensionnement consiste en la mise en oeuvre d'un système qui, à partir des paramètres D'entrée (trafic, type de structure et de plate-forme) fournit les paramètres de sortie (épaisseurs) recherchés Les différentes étapes du schéma général de dimensionnement d'une chaussée sont synthétisées ci-dessous.

#### 2.1.1. Structure d'une chaussée aéronautique

Une Chaussée en général comporte de haut en bas la couche de Surface et le corps de Chaussée.

- la couche de surface constituée.
- La couche de roulement.
- La couche de liaison.

Le corps de chaussée constituée de:

- La couche de base
- La couche de fondation
- La sous couche ou sous fondation. [11]

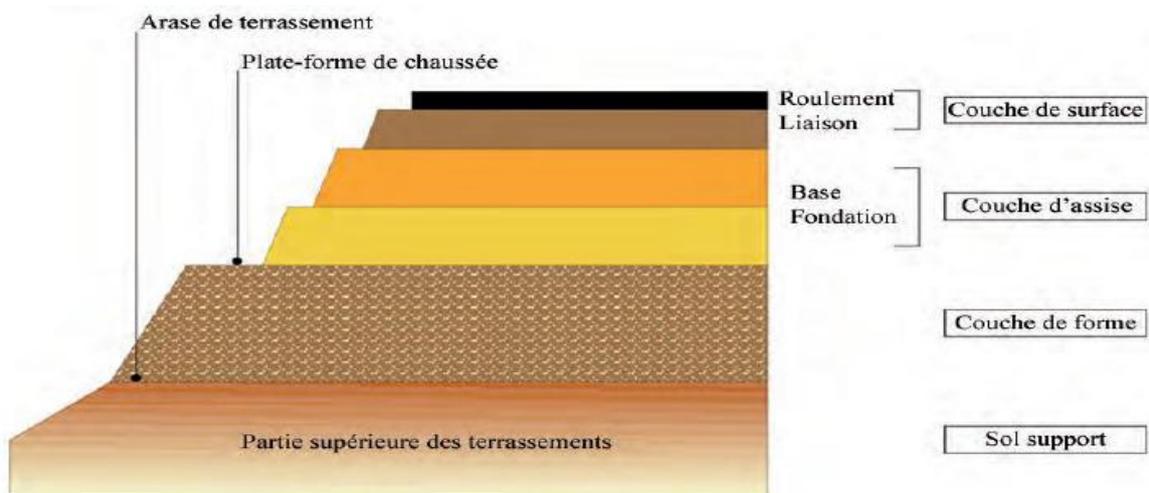


Figure N°11: structure d'une chaussée. [9]

### 2.1.2. Types de structures

Malgré leurs spécificités, les chaussées aéronautiques utilisent les mêmes matériaux que les chaussées routières moyennant certaines spécification complémentaires mais aussi certaines exclusions, guidé par la nature du sol et par des considérations locales ainsi que par la nature de l'aire à construire (piste, abords ou prolongements de celle-ci, voie de circulation, aire de stationnement) et par le trafic quelle est destinée a recevoir, le choix du type de chaussée conduit toutefois généralement à ce que prévalant en faveur .

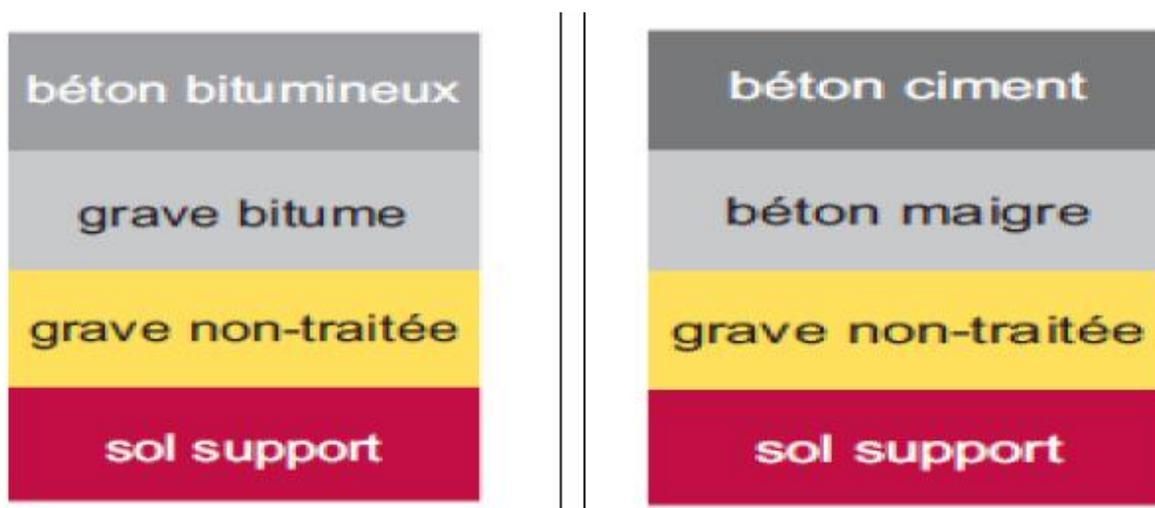
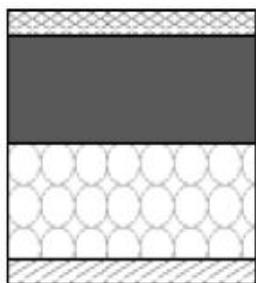


Figure N°12: Les types de chaussées. [8]

#### a. Les chaussées souples

Ces structures comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15 cm), parfois réduite à un enduit pour les chaussées à très faible trafic, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm. [11]



Chaussées souples:

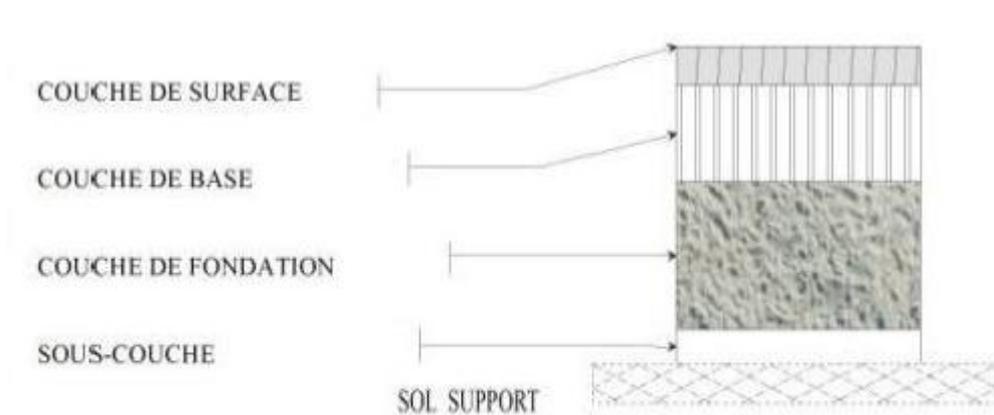
1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (< 15 cm)
3. Matériaux granulaires non traités (20 à 50 cm)
4. Plate-forme support

Figure N°13: Structure d'une chaussée souple

#### b. Les chaussées semi-rigides

Les chaussées comportant une couche de base (et quelque fois une couche

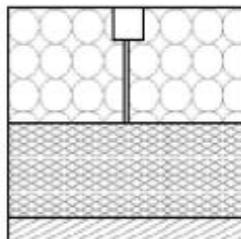
De fondation) traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier granule...) ; On les rencontre fréquemment dans les régions arides. [11]



**Figure N°14:** structure de chaussée semi- rigide. [11]

### c. Les chaussées rigides

Elles sont réalisées essentiellement avec un matériau rigide généralement du béton de ciment. La couche de béton ici assure le rôle de la couche de base mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince.



**Dalles en béton de ciment mince collé:**

1. Béton de ciment ( 5–10 ou 10–15 cm)
2. Matériaux bitumineux
3. Plate-forme support

**Figure N°15:** Structure d'une chaussée rigide. [11]

Pour le présent projet, la structure de chaussée est de type souple. Ce choix s'explique par le fait que la chaussée souple est moins couteuse et facile à renforcer et aussi du fait que la structure existante est de type souple. [11]

#### 2.1.3. Durée de vie

La durée de vie d'une chaussée est la période à la fin de laquelle la portance de la chaussée devient insuffisante pour que la chaussée puisse continuer à supporter sans risque le trafic. Un renforcement général ou une réduction de trafic s'impose alors. La durée de vie d'une chaussée neuve est de 10 ans par convention (dans le cas des chaussées rigides d'aérodromes à fort trafic, une durée de 10 à 20 ans peut être choisie pour fonder le dimensionnement). [11]

#### 2.1.4. Élément dimensionnant

Vu qu'il existe une variété des caractéristiques géométriques des atterrisseurs il est préférable d'introduire les atterrisseurs-types.

Les atterrisseurs-types regroupent les trois grandes catégories d'atterrisseurs les plus répandus :

- Les roues simples.
- Les jumelages.
- Le boggye.



Figure N°16: jumelage Boeing 737-400. [10]

## 2.2. Données préliminaires au dimensionnement

Rappel des données nécessaire :

- La charge normale de calcul.
- Les CBR du sol support (chaussée souple).

Abaque :

- Soit l'abaque particulier de l'avion étudié.
- Soit l'abaque atterrisseur-type correspondant au cas étudié.

### 2.2.1. Trafic de dimensionnement

La chaussée de l'aérodrome de\*ABOUBAKER BLKAID\* est dimensionnée sur la base de deux vols par semaine soit quatre mouvements par semaine (deux décollages et deux atterrissages). L'avion dimensionnant est un Boeing 737-400 dont la masse totale au

décollage est de 62800 kilogrammes.

### 2.2.2. Le CBR du sol support et des matériaux constitutifs de couches

À l'issue des prélèvements le long du tracé de la piste et des essais réalisés sur les matériaux à utiliser pour la couche de surface et la couche de fondation, les caractéristiques n°12 ont été obtenues.

**Tableau N°09: Caractéristiques des matériaux. [7]**

	<b>CBR</b>	<b>Module d'élasticité E</b>	<b>Nature</b>
Couche de surface	-	5400MPa	Béton bitumineux aéronautique
Couche de base	80	400MPa	Grave latéritique litho stabilisée
Couche de fondation	30	150MPa	En grave latéritique
Sol Support	16	80MPa	Sable limoneux

En ce qui concerne le sol support, le CBR retenu est le plus petit des prélèvements ; c'est une uniformisation.

## 2.3. Méthodes de dimensionnement

Il existe 3 méthodes pour le dimensionnement des chaussées aéronautiques

### 1. Le dimensionnement forfaitaire

C'est le dimensionnement en fonction d'une charge normale de calcul que la chaussée doit supporter. Il ne prend en compte qu'un type d'avion pour le trafic normal.

### 2. Méthode empirique « STBA »

Pour la détermination des épaisseurs de renforcement nécessaires pour les Chaussées auscultées, nous avons utilisé la méthode empirique du service technique Des bases aériennes (STBA) basée sur le trafic et la portance du sol (CBR).

### 3. Le dimensionnement optimisé

Différemment au dimensionnement forfaitaire qui ne prend en compte qu'un type d'avions, celui optimisé ne permet le dimensionner d'une structure de chaussée qu'en tenant Compte de plusieurs types d'avions, leurs fréquences et leurs charges respectives, pour une durée de vie bien déterminée.

La méthode, présente l'avantage de; -convertir les mouvements réels de chacune des charges et atterrisseurs considérés en mouvements équivalents de même charge de référence, de noter que le (-charge et atterrisseurs, -nombre de mouvements), sont équivalent quand ils produisent la même fatigue (chaussée et sol support).

Ce dimensionnement prend en compte tous types avions devant produire un effet significatif Sur la chaussée pendant une durée déterminée

Pour le présent projet, la méthode forfaitaire est la mieux indiquée étant donné qu'il

s'agit de dimensionner avec un type spécifié d'avion B737-400. Par conséquent dans la suite du travail il sera question de la méthode forfaitaire. [6]

## Chapitre 3 : Évaluation de la portance résiduelle

### 3. 1. Méthode forfaitaire

#### 3.1.1. Principe

Le dimensionnement forfaitaire permet de calculer l'épaisseur équivalente d'une chaussée en fonction d'une charge normale de calcul  $P''$  obtenue à partir de la charge réelle pondérée  $P'$  avec un nombre réel de mouvements journaliers ( $n$ ) donné. Le calcul de dimensionnement est appliqué sur chaque partie d'aire définie selon les coefficients de pondération. La charge réelle pondérée  $P'$  elle-même obtenue à partir de la charge  $P$ , qui est :

- Soit la charge maximale sur l'atterrisseur principal le plus contraignant ;
- Soit la charge désirée pour une catégorie d'atterrisseur. [6]

#### 3.1.2.Étapes du dimensionnement

Le dimensionnement forfaitaire suit, dans l'ordre, les quatre (4) étapes suivantes :

- Recueil des données sur le trafic, notamment la charge réelle  $P$  et le nombre ( $n$ ) de mouvement par jour pendant dix (10) ans.
- Pondération selon la fonction de l'aire considérée : détermination de la charge  $P'$  pondérée.
- Conversion de la charge pondérée  $P'$  considérée à  $n$  mouvement par jour pendant dix (10) en une charge équivalente  $P''$  pour dix (10) mouvement par jour pendant dix (10) ans.
- Détermination de l'épaisseur équivalente en utilisant les abaques ou les formules de dimensionnement.

Il peut arriver que l'une des étapes soit sautée surtout la troisième, lorsqu'il s'agit de Dimensionner une chaussée avec dix mille (10 000) mouvements par ans. [6]

#### 3.1.3. Charge réelle (P)

La répartition totale de la masse d'un avion entre l'atterrisseur avant et les atterrisseurs principaux est fonction du centrage d'avion c'est-à-dire de la position du centre de gravité. Cette répartition varie peu. En l'absence d'indications précises la répartition admise pour les trains d'atterrissage classique est la suivante :

- 10% de la masse totale de l'avion sur l'atterrisseur avant (centrage avant maximum)
- 95% de la masse totale de l'avion sur les atterrisseurs principaux (centrage arrière maximum) [6]

Le Boeing 737-400 qui a une masse au décollage de 62800 kilogrammes

#### 3.1.4. Charge normale de calcul et coefficients de pondération

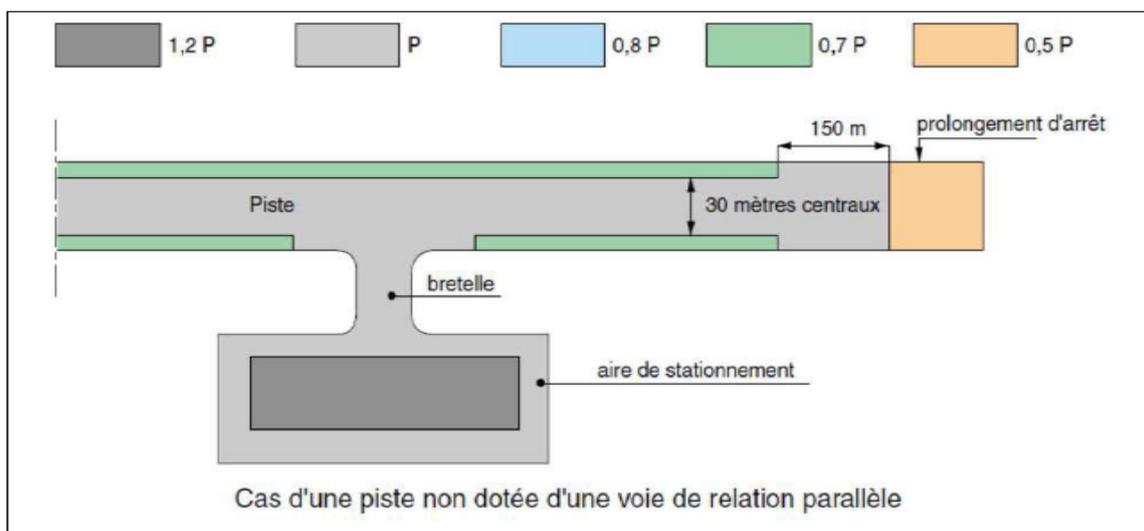
Charge réelle  $P$  pondérée selon la fonction de la chaussée étudiée en règle générale, les coefficients de pondération des charges réelles sont pris.

La répartition des charges de calcul obéit au principe indiqué dans le plan ci-dessous. [6]

**Le tableau N°10 : récapitule ces coefficients [7].**

Aire	Coefficients de pondération
Piste et bretelle	1
Aire de stationnement	1.2
Prolongement d'arrêt	0.5

La répartition des charges de calcul obéit au principe indiqué dans le plan ci-dessous :



**Figure N°17: coefficients de pondération. [11]**

**3.1.5. Calcul de l'épaisseur équivalente (Ee) par la formule CBR**

Le dimensionnement d'une structure de chaussée d'aérodrome peut être abordé par la méthode CBR, qui considère une roue isolée de charge P, gonflée à 0.6 +/-0.3 MPa appliquée dix milles (10 000) fois sur une structure d'épaisseur équivalente Ee d'un matériau de référence (grave bien graduée) de 500 MPa de module, reposant sur un sol de CBR donné L'épaisseur est donnée par la formule :

$$Ee = \sqrt{P * \left( \frac{1}{0.57 * CBR} - \frac{1}{32 * q} \right)}$$

**Ee** : épaisseur équivalente en cm.

**P** : charge sur la roue en kg.

**q** : pression de gonflage en MPa.

**CBR** : indice portant à 4 jours d'imbibition.

Pour les pressions de gonflage des pneumatiques différentes de  $q_0 = 0.9$  MPa, l'épaisseur équivalente est à multiplier par un coefficient de correction du à la pression des pneumatiques  $\delta$  tel, que :

$$\delta = \left( \frac{\frac{1}{0.57CBR} - \frac{1}{32q}}{\frac{1}{0.57CBR} - \frac{1}{32q_0}} \right)^{0.5}$$

$$\delta_{B737} = (1.057 * 16 - 1.32 * 1.41)^{0.5} / (1.057 * 16 - 1.32 * 0.9)^{0.5} = 1.080$$

$$\delta_{B737} = 1.080$$

### 3.2. Correction de fréquence

De même pour des fréquences de passage différentes de 10 000 mouvements sur 10 ans, il convient de substituer à P, la charge P' telle que :

$$P' = P * C_f$$

Avec :

$$C_f = \frac{1}{(1.08 - 0.18 \log n)}$$

**C<sub>f</sub>** : coefficient de correction de fréquence.

**n** : nombre de mouvements par jour ( $n = 0.57$ ), en raison deux vols par semaine.

$$C_{f_{B737}} = \frac{1}{(1.08 - 0.18 \log 0.57)} = 0.889$$

$$C_{f_{B737}} = 0.889$$

#### 3.2.1 Calcul de la charge sur l'atterrisseur (P')

Elle est donnée par l'expression :

$$P' = P_{B73} \times C_{f_{B737}} \times n$$

**P<sub>B73</sub>** : charge maximale par roue.

**n** : nombre de roues ( $n = 2$ ).

**C<sub>f<sub>B737</sub></sub>** ont la définition ci-haut.

$$P' = 18540 * 0.889 * 2$$

$$P' = 32999 \text{ Kg}$$

### 3.2.2 Pondération de la charge P'

Charge à 10 mouvements par jour pendant 10 ans utilisée dans les formules et abaques pour le calcul de dimensionnement des chaussées, associée à la charge P'. Pour déterminer la charge normale de calcul. Le tableau n°15 donne les charges pondérées selon les différentes aires.

**Tableau N°11: Pondération de la charge de calcul. [7]**

Aire	Coefficients de pondération	Charge P'' (kg)
Piste et bretelle	$P'' = P'$	32 999
Aire de Stationnement	$P'' = 1.2P'$	39 589.2
Prolongement d'arrêt	$P'' = 0.5P'$	16 495.5

### 3.2.3 Épaisseur équivalente

$$Ee = \sqrt{P' \times \left( \frac{1}{0.57 \cdot CRB} - \frac{1}{32 \cdot q} \right) \times \delta B 737}$$

$$Ee = \sqrt{35648.9 \times \left( \frac{1}{0.57 \cdot 16} - \frac{1}{32 \cdot 1.41} \right) \times 10.8} = 58.05 \text{ cm}$$

$$Ee = 58 \text{ cm}$$

### 3.2.3 Récapitulatif des structures

En appliquant la même formule et les mêmes procédures, les épaisseurs équivalentes de l'aire de stationnement et des prolongements d'arrêt sont dans le tableau n°16.

**Tableau N°12: Épaisseurs équivalentes. [7]**

Épaisseur équivalente	Piste et bretelle	Aire de stationnement	Prolongement d'arrêt
	58cm	64cm	41cm

Le coefficient d'équivalence d'une couche de module E, se calcule par :

$$ce = \sqrt[3]{\frac{E}{500}}$$

**E** : module en MPa du matériau don on veut calculer le coefficient d'équivalence;

**500** : module du matériau de référence.

Le tableau n°17 récapitule les coefficients d'équivalence des matériaux du corps de chaussée.

**Tableau N°13: Coefficients d'équivalence. [7]**

Nature	Béton bitumineux aéronautique	Grave latéritique litho stabilisée	En grave latéritique
Module E	2.2	0.9	0.67

### 3.2.4. Définition des structures des différentes aires

Le choix final des structures se fait en fixant les épaisseurs des différentes couches de matériaux, de façon à vérifier la condition suivante :

Où  $e_i$  : épaisseur de la couche.

$C_{ei}$  : coefficient d'équivalence.

Il faut noter qu'il n'y a pas une réponse unique au dimensionnement, plusieurs couples ( $e_i, C_{ei}$ ) pouvant remplir la condition ci-haut. Toutefois, en tenant compte des coefficients d'équivalence calculés ci-dessus, nous proposons les structures suivantes :

**Tableau N°14: Structures de chaussée à mettre en oeuvre.**

Structure	Couche de surface	Couche de base	Couche de fondation
Piste et bretelle	8cm	20cm	40cm

Aire de Stationnement	8cm	25cm	40cm
Prolongement d'arrêt	8cm	15cm	20cm

**Remarque** : il sera très difficile de mettre en oeuvre un ouvrage avec différentes épaisseurs, donc il serait judicieux de penser soit à une épaisseur équivalente moyenne, soit à uniformiser la structure de chaussée obtenue pour la piste.

### 3.2.5 Comparaison des structures

L'extension touche la piste, donc il sera question de comparer l'ancienne et la nouvelle structure de la piste : le tableau n°19 fait ressortir la différence d'épaisseur entre les deux structures.

**Tableau N°15: Comparaison des structures.**

couches	Structure existante	Nouvelle structure
<b>Roulement</b>	6cm	8cm
<b>Base</b>	20cm	20cm
<b>Fondation</b>	30cm	40cm
<b>Fondation</b>	56cm	68cm
<b>Différence d'épaisseur</b>	12cm	

La différence d'épaisseur est de 12 cm entre la structure existante et la nouvelle à mettre en oeuvre pour la mise à niveau ; il y a lieu donc de renforcer la structure existante pour qu'elle puisse supporter le nouvel avion dimensionnant.

### 3.2.6. Adaptation de l'ancienne structure

Initialement, la piste de l'aérodrome avait été dimensionnée pour recevoir un Focker 28. Cette structure est aujourd'hui inadaptée pour recevoir un Boeing 737-400. Il faudra donc l'adapter à la nouvelle structure obtenue plus haut. Le guide pratique de dimensionnement donne des formules de transformation de deux couches de modules données en une couche de même module et d'épaisseur  $h'$ . La transformation est la suivante:

$$h' = h_a + 0.9h_b \sqrt[3]{\frac{E_b}{E_a}}$$

$h'$ : épaisseur équivalente.

$h_a$ : épaisseur de la couche dont le module est retenu pour la transformation.

$h_b$ : épaisseur de la couche à transformer.

$E_a$ : module de la couche retenue.

$E_b$ : module de la couche à transformer.

Pour adapter l'ancienne structure à la nouvelle, il nous faudra chercher le surplus de BBA à mettre en oeuvre sur la piste existante afin d'avoir un matériau de module et d'épaisseur équivalente à celle de la nouvelle piste.

Le tableau n°20 résume la transformation des structure en une seule couche de module 5400 et d'épaisseur  $H'$ .

**Tableau N°16: Transformation des structures en BBA.**

Couches	Ancienne structure	Nouvelle structure	Nouvelle structure
Roulement	6cm	8cm	5400
Base	20cm	20cm	400
fondation	30cm	40cm	150
Épaisseur équivalente	22cm	27cm	5400
Épaisseur à rajouter	5cm		

L'ancienne structure équivaut à une couche de 22 cm ayant un module de 5400 MPa.  
 La nouvelle structure équivaut à une couche de 27 cm ayant un module de 5400 MPa.  
 D'où le surplus de Béton Bitumineux à rajouter au niveau de l'ancienne piste est de 5cm.

### 3.3. Volume de terrassements

Les terrassements d'aérodromes présentent les mêmes caractéristiques que ceux des routes, ce sont le calcul de volumes de matériaux qui existent entre la ligne rouge du projet et la ligne du terrain naturel. Deux cas de terrassement se présentent :

- Le remblai : quand la ligne rouge au-dessus de ligne du terrain naturel.
- Le déblai : quand la situation est inverse que pour le cas de remblai.

## Chapitre 4 : Gestion et suivi des chaussées aéronautiques

### 4.1 DEFINITIONS

#### *ACN*

Nombre exprimant l'effet relatif d'un avion sur une chaussée pour une catégorie spécifiée de sol support. La détermination des ACN obéit à un calcul normalisé, imposé par l'O.A.C.I.

#### *PCN*

Pavement Classification Number Nombre exprimant la force portante de la chaussée pour une exploitation sans restriction. La détermination des PCN est laissée à l'appréciation de chaque Etat selon ses propres méthodes de dimensionnement.

La méthode ACN/PCN est un système international normalisé élaboré par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) qui vise à fournir des renseignements sur la résistance des chaussées aéronautiques et qui permet de ce fait de juger de l'admissibilité de chaque aéronef en fonction de sa charge et de la résistance des chaussées. Cette méthode est applicable depuis 1983 par l'ensemble des états membres de l'OACI.

### **Le PCN : Pavement classification number**

Le principe de cette méthode est relativement simple puisque l'on associe à chaque zone homogène – section de chaussée dont les caractéristiques techniques sont identiques ou du moins suffisamment proches pour être assimilées - d'une plate-forme un PCN qui reflète la capacité portante de la chaussée. Cette information est publiée de la manière suivante conformément aux spécifications de l'Annexe 14 de l'OACI :

$$\text{PCN} = 27 / F / A / W / T$$

Le *nombre* est le numéro de classification de chaussée arrondi à un nombre entier.

La *première lettre* correspond à la nature de la chaussée :

- F : pour les chaussées souples (Flexible en anglais), c'est à dire composées essentiellement d'enrobés bitumineux ;
- R : pour les chaussées rigides composées essentiellement de béton de ciment.

Pour les chaussées atypiques composées à la fois de béton de ciment et d'enrobés bitumineux, on utilise la publication qui correspond le mieux au comportement mécanique de la chaussée.

La *deuxième lettre* désigne la catégorie de résistance du sol support soit encore le sol « naturel » sous la chaussée :

- A : résistance élevé;
- B : résistance moyenne ;
- C : résistance faible ;
- D : résistance ultra faible.

La *troisième lettre* fait référence à la limite de pression de gonflage des pneumatiques :

- W : pas de limite ;
- X : 1,5 MPa ;
- Y : 1 MPa ;
- Z : 0,5 MPa.

Remarque : les limitations en pression de gonflage sont relativement rares. Lorsqu'elles existent, elles sont la plupart du temps liées à l'état de la couche de roulement (limite de cisaillement des matériaux). C'est pour cette raison qu'il n'en sera pas fait mention ultérieurement. Mais bien entendu pour tout accueil d'aéronef, il convient de vérifier que les pressions de gonflage respectent les tolérances lorsque des limitations sont indiquées au niveau de la chaussée.

La dernière lettre indique la base d'évaluation du PCN :

- T : évaluation technique c'est à dire basée essentiellement sur les caractéristiques mécaniques de la chaussée ;
- U : évaluation « par expérience » basée essentiellement sur le trafic existant que la chaussée supporte sans dommage significatif.

### L'ACN : Aircraft Classification Number

Cet autre paramètre représente « l'agressivité » d'un aéronef sur une chaussée. Il est

Exemple : A321-100		CLASSES (catégorie de résistance du sol support)							
		Chaussées Souples				Chaussées Rigides			
	Masse de calcul	A	B	C	D	A	B	C	D
Masse maximale au roulage	83 400 kg	45	48	53	59	50	55	57	59
Masse à vide opérationnelle	47 000 kg	23	24	26	30	26	28	29	31

déterminé, conformément à certaines procédures normalisées, par les constructeurs aéronautiques. Cet ACN est publié sous la forme simplifiée suivante :

Avec ce tableau et en connaissant la masse  $M$  à laquelle un aéronef veut fréquenter une plateforme dont les caractéristiques du sol support sont connues, il est possible de déterminer son ACN. Pour se faire, on utilise la formule suivante :

$$ACN_M = ACN_{min} + (ACN_{max} - ACN_{min}) \times (M - M_{min}) / (M_{max} - M_{min})$$

où  $M_{min}$  et  $M_{max}$  représentent respectivement la masse à vide opérationnelle et la masse maximale au roulage,  $ACN_{min}$  et  $ACN_{max}$  représentant les ACN correspondants.

## Utilisation de la méthode

### Principe général

Les éléments de base posés, l'explication de cette méthode peut être schématisée par le principe suivant : si l'ACN de l'aéronef est inférieur au PCN de la chaussée, celui-ci peut manœuvrer sur cette aire sans restriction. Dans le cas contraire, c'est à

dire si  $ACN > PCN$ , l'aéronef peut néanmoins être accepté sous certaines conditions, en se voyant appliquer des limitations en terme de masse et/ou de fréquence d'accueil.

Reprenons le cas de l'A 321 qui veut se poser sur la piste de portance publiée 27/F/A/W/T.

- Cas 1 : supposons que cet A 321 veut opérer à une masse de 50 tonnes. L'ACN est alors de 25. Dès lors  $ACN < PCN$ , l'aéronef peut venir sans restriction à une masse inférieure ou égale à 50 tonnes.
- Cas 2 : soit le même aéronef désirant opérer à une masse de 60 tonnes. L'A 321 présente un ACN de 31 à cette masse. On constate donc que  $ACN > PCN$ . L'acceptation de cet aéronef mérite une attention particulière (cf. système dérogatoire).

*[Remarque : des études particulières ne sont déclenchées que si l'ACN de l'aéronef dépasse de 10 % le PCN de la chaussée pour des chaussées souples ou de 5 % dans le cas des chaussées rigides.]*

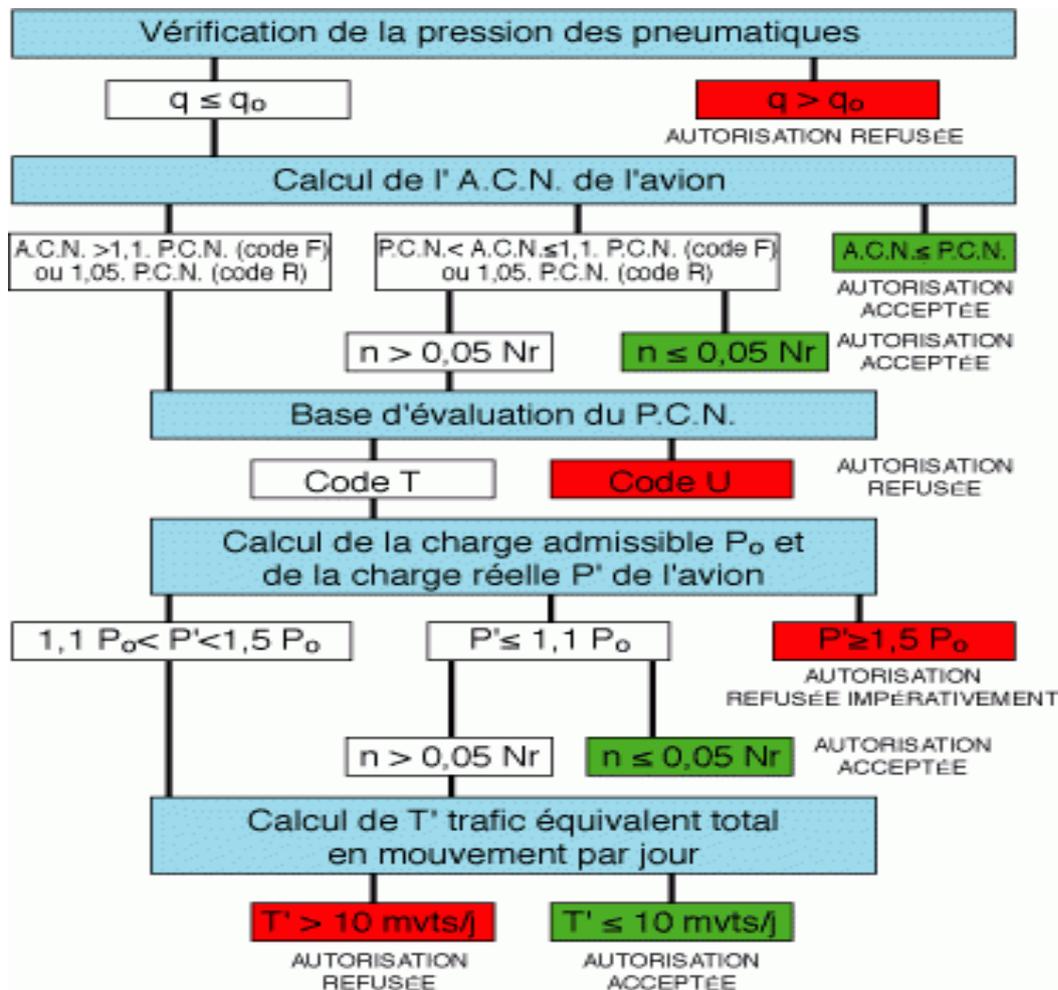
#### La procédure en cas de dépassement du PCN

Elle est décrite de manière exhaustive dans le « Guide pratique d'utilisation de la méthode ACN-PCN – STBA 1988 ». Si le rapport ACN/PCN est supérieur à 1,1 pour une chaussée souple (1,05 pour une chaussée rigide), il faut évaluer les charges admissibles par la chaussée (cf. algorithme) et les comparer aux charges appliquées par l'aéronef.

En d'autres termes, une chaussée dont on connaît les caractéristiques techniques (celles-là mêmes qui permettent de calculer le PCN) est capable de supporter un aéronef donné à une charge maximale admissible  $P_0$  qui est fonction de la configuration du train et de la pression de gonflage des pneumatiques de cet aéronef. Si l'on veut faire venir ce dernier à une masse réelle  $P$ , il faut déterminer la valeur du rapport  $P'/P_0$  pour se prononcer sur les possibilités d'accueil. La masse  $P'$  correspond à la masse réelle  $P$  que l'on aura pondérée selon la fonction de la chaussée (piste ou aire de stationnement).

En fonction du pourcentage de dépassement de la charge admissible par la chaussée, on peut alors être amené à :

- refuser d'accueillir l'aéronef ;
- déterminer le trafic équivalent total, trafic qui représente le cumul des effets relatifs de chaque avion sur la chaussée. En fonction de sa valeur, on peut soit refuser l'aéronef soit l'accepter avec des restrictions appliquées à sa masse et / ou à son taux de fréquentation de la chaussée.



Algorithme de la méthode ACN-PCN. Procédures d'autorisation

## Références

[01] www. sai-inna.dz. DAOI- CHLEF.

[02] guide technique d'élaboration d'un programme de formation à la circulation des véhicules et engins sur les aérodromes. page14.

[03] annexe technique n°01.relative aux caractéristiques physiques des Aérodrômes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe. Page 02 ; 08 ; 09 ; 13.

[04] annexe a. conditions d'homologation et procédures d'exploitation des aérodromes .page 03.39 ; 40 ; 41.

[05] guide technique pour l'évaluation de PCN d'une chaussée aéronautique (guide/chaussée) ANAC-Niger .page10.

[06] S. T. D. B. A. services de bases aériennes, dimensionnement des chaussées, vol. 1, paris, 1983. page15 – 17.

[07] étude de mise aux normes d'un aérodrome pour l'accueil d'un avion de type B737-800 : cas de l'aérodrome de Koumra/massa au Tchad. Page 13 ; 16 ; 19 ; 22.

[08] étude de renforcement et extension des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt. page30.

- [09] étude de renforcement de la piste secondaire 09/27 de l'aérodrome d'Alger avec étude de l'extension du taxiway. page71.
- [10] AB corporatif aviation – location avion Boeing 737.
- [11] réhabilitation des chaussées aéronautiques de l'aéroport international de douala : cas des parkings (phases 4,5 & 6).page10 ; 11.
- [12] Manuel de conception des aérodromes .page 1 ; 2 ; 5.
- [13] normes de certifications. Les différentes pistes d'aérodrome

## Liste des Abréviations

- ADAC** : Autorité De l'Aviation Civile.
- B737-400**: Boeing737-400.
- BBA** : Béton Bitumineux Aéronautique.
- CBR** : Californien Baring Ratio.
- Ce**: coefficient d'équivalence
- Cca**: coefficient de correction d'altitude.
- Ccp** : coefficient de correction de pente.
- Cct** : coefficient de correction de température.
- Cf** : coefficient de correction de fréquence.
- Ee** : Épaisseur équivalente.
- ITAC** : Instructions Techniques sur les Aérodromes Civils.
- Lp** : Longueur de piste.
- Lb** : largeur de bande de piste.
- N** : coefficient global de correction.
- OACI** : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.
- PA** : Prolongement d'Arrêt.
- P** : charge réelle d'une roue.
- P'** : charge pondérée.
- P''** : charge normale de calcul.

## Liste de Tableaux

Tableau N°01 : Largeurs des pistes.....	19
Tableau N°02 : Caractéristiques du B737-400.....	21
Tableau N°03 : Codes de référence des aérodromes.....	22
Tableau N°04 : Caractéristiques de la piste.....	23
Tableau N°05 : Voies de relation.....	23
Tableau N°06 : Données locales.....	24
Tableau N°07: Caractéristiques de la bande de piste.....	26
Tableau N°08 : Récapitulatif des résultats.....	27
Tableau N°09 : Caractéristiques des matériaux.....	34
Tableau N°10 : récapitule ces coefficients.....	36
Tableau N°11 : Pondération de la charge de calcul.....	39
Tableau N°12: Épaisseurs équivalentes.....	39
Tableau N°13 : Coefficients d'équivalence.....	40

Tableau N°14 : Structures de chaussée à mettre en oeuvre.....	40
Tableau N°15 : Comparaison des structures .....	41
Tableau N°16 : Transformation des structures en BBA.....	42
Tableau N°17 : Caractéristiques des marques d’axes de piste.....	
Tableau N°18 : détermine La largeur de la piste et le nombre de bandes, leur largeur et leurs espacements.....	49
Tableau N°19: Caractéristiques des marques de seuil.....	50
Tableau N°20: Caractéristiques des marques de point cible.....	50
Tableau N°21: .....	11

## LES FIGURES

Figure N° 01 : photo satellitaire de l’aérodrome.....	04
Figure N°02: Différentes parties d’un aérodrome.....	07
Figure N°03: les principales possibilités de piste.....	08
Figure N°04: aire de mouvement.....	10
Figure N°05: Plan d’une aire de demi-tour pour un avion dont la lettre de code est C.....	11
Figure N°06 : prolongement d’arrêt.....	13
Figure N°07 : prolongement dégagé .....	14
Figure N°08 : Seuil décalé (DTHR) .....	14
Figure N°09 : Géométrie de la largeur de piste.....	20
Figure N°10: Boeing B737-400.....	21
Figure N°11 : structure d’une chaussée.....	30
Figure N°12 : Les types de chaussées. ....	30
Figure N°13 : Structure d'une chaussée souple.....	31
Figure N°14: structure de chaussée semi- rigide. ....	31
Figure N°15: Structure d'une chaussée rigide.....	32
Figure N°16: jumelage Boeing 737-400.....	33
Figure N°17: coefficients de pondération.....	37
Figure N°18 : Types de marques.....	46
Figure N°19 : Marques d’obligation - Exemple : marque au sol d’identification de piste.....	48
Figure N°20 : Marques d’axe de piste.....	49