

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



جامعة أحمد زبانة - غليزان
Ahmed Zabana University - Relizane

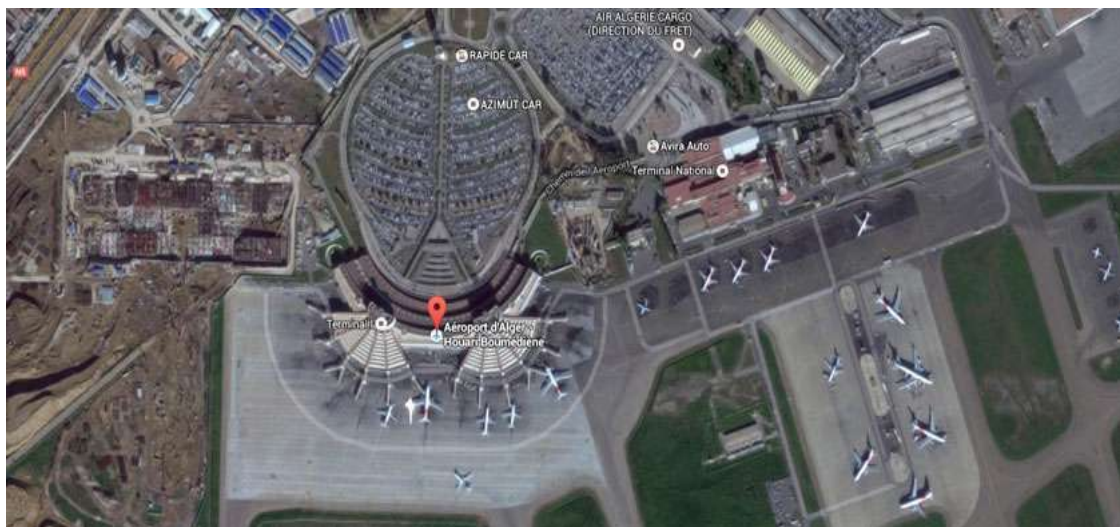


FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET TRAVAUX PUBLICS

Polycopié de

COURS

« Notions sur les Infrastructures Aéroportuaires »



Réalisé par

Dr. **BENSELAMA Khadidja**

- Année universitaire 2025/2026-

Préambule

Le présent manuscrit qui s'intitule « **polycopié du cours Notions sur les Infrastructures Aéroportuaires** » destiné aux étudiants de troisième année licence travaux publics (T.P), correspondant au programme officiel selon le canevas ministériel.

Le présent cours a été rédigé de manière claire et simplifié, Afin de permettre aux étudiants à se familiariser avec les règles de conception et de réalisation des aérodromes civils conformément aux normes en vigueur.

Ce polycopié de cours s'articule autour de cinq chapitres :

Le premier chapitre comporte des généralités sur les aérodromes, le deuxième chapitre donne un aperçu sur le matériel aérien .Dans le chapitre trois, on s'intéresse à la conception générale des aérodromes. Le chapitre quatre aborde l'assainissement des aérodromes et le dernier chapitre concerne le balisage et signalisation des aérodromes.

Table Des Matières

Table des matières

Préambule	2
CHAPITRE I :GENERALITES SUR LES AERODROMES	
I.1. INTRODUCTION	11
I.2. DEFINITION DU TRANSPORT AERIEN	11
I.3. LES AVANTAGES DU TRANSPORT AERIEN ET SES INCONVENIENTS :	12
I. 3. a. Les avantages du transport aérien	12
I. 3. b. Inconvénients du transport aérien	13
I.4. HISTORIQUES DU TRANSPORT AERIEN:	13
I.5. REGLEMENTATION DU TRANSPORT AERIEN	15
I.5.1. HISTORIQUE.....	15
I.5.2. LES ACCORDS INTERNATIONAUX :	15
I.5.2. 1. La convention de Varsovie « Octobre 1929 ».....	15
I.5.2. 2. La convention de Chicago « Novembre-Décembre 1944 »	16
I.5.2. 3. La convention de Rome « Octobre 1952 ».....	17
I.5.2. 4. La convention de La Haye « Décembre 1970 »	17
I.5.2. 5. La convention de Montréal « Septembre 1971 »	18
I.5.3 LES ORGANISATIONS INTERNATIONALES	18
I.5.3.1 L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) (ou charte OACI) ...	18
I.5.3.2 L'Association du transport aérien international (IATA) (International Air Transportation Association)	23
I.5.3.3 L'Eurocontrol :	24

CHAPITRE II :MATERIEL AERIEN

II.1 CLASSIFICATION DES AERONEFS	26
II.1.1 LES AVIONS « Aérodynes motorisés à voilure fixe » :	26
II. 1.1.1. Définition :	26
II. 1.1.2. Equilibre de l'avion :.....	27
II. 1.1.3. La structure d'un avion :	27
II. 1.1.4. Classification des avions :	32
II.1.2 LES HYDRAVIONS :	33
II.1.3 LES GIRAVIONS « AERODYNES A VOILURE TOURNANTE » :	34
II.1.4 LES PLANEURS « AERODYNES NON MOTORISES A VOILURE FIXE » :	35
II.1.5 LES BALLONS « AEROSTAT » :	36
II.1.6 LES DIRIGEABLES :	37
II.2 FICHE TECHNIQUE D'UN AVION.....	37
II.2.1 Exemple 1 : caractéristiques techniques d'un BOEING 747	37
II.2.2 Exemple 2 : Caractéristiques techniques AIRBUS 380-800.....	39
II.3 DETERMINATION DU TRAFIC AERIEN	40
II.3. 1 Nombre de mouvements	41
II.3. 2 Nombre de Passagers	41
II.3. 3 LA 40 ^{ème} HEURE.....	43
II.3. 4 Relations entre l'heure de pointe et le trafic annuel	46
CHAPITRE III : CONCEPTION GENERALE DES AERODROMES	
III. 1 INTRODUCTION	49

III. 2 ACTIVITES D'UN AERODROME :	49
III. 3 CLASSIFICATION DES AERODROMES :	50
III.3. 1 Classification initiale de l'O.A.C.I.	50
III.3. 2 Nouvelle classification de l'O.A.C.I.	51
III.3. 3 Classification du code de l'aviation civile (la classification française)	52
III.3. 4 Classification de l'I.T.A.C. (Instruction Technique sur les Aérodomes Civils)	53
III. 4 AIRE DE MOUVEMENT :	54
III.4.1 Constitution de l'aire de mouvement :	54
III.4.2 Aire de manœuvre :	54
III.4.3 Les aires de trafic :	57
III. 5 DIRECTION D'ENVOL « NOMBRE ET ORIENTATION »	58
III.5.1 Notion de fréquence d'utilisation	59
III.5.2 Notion de vent traversier	59
III.5.3 Coefficient d'utilisation d'une direction :	60
III.5.4 Calcul du coefficient C et l'Orientation de la piste :	61
III. 6 PISTES D'ENVOL :	64
III.6.1 Classification des pistes	64
III.6.1.a Les pistes principales :	65
III.6.1.b Les pistes secondaires :	65
III.6.2 Caractéristiques Géométriques de la piste :	65
III.6.2.a Longueurs des pistes	65
III.6.2.b Les procédures opérationnelles	66
III. 7 VOIES DE CIRCULATION	73

III.7. 1.Définition.....	73
III.7. 2.Emplacement	74
III.7. 3.Implantation des voies.....	74
III.7. 4. Largeur des voies de circulation.....	75
III. 8 AIRES DE STATIONNEMENT.....	77
III.8. 1 Définition.....	77
III.8. 2 Organisation de l'aire de stationnement	77
III. 9 STRUCTURE DES CHAUSSEES AERONAUTIQUES:	80
III.9. 1 . La constitution de la chaussée aéronautique.....	80
III.9. 2 . Les types de chaussées aéronautiques:	81
III.9. 3 . Choix d'un type de chaussée:	82
III.9. 4 . Le choix d'une constitution de chaussée	83
III.9. 5 . Notion de L'épaisseur équivalente :	84
III.9. 6 . Dimensionnement des chaussées:.....	85
III.9. 7 . Méthode de dimensionnement des chaussées aéronautiques.....	88
III.9. 7.1 . Méthode de dimensionnement optimisée :	88
III.9. 7.2 .Méthode de dimensionnement forfaitaire :	89
III. 10. DETERMINATION DE LA CHARGE ADMISSIBLE D'UN AERODROME	90
a. LE PCN : PAVEMENT CLASSIFICATION NUMBER.....	91
b. L'ACN : AIRCRAFT CLASSIFICATION NUMBER.....	93
CHAPITRE IV : ASSAINISSEMENT DES AERODROMES	
IV.1. INTRODUCTION	99
IV.2. ETUDE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT AEROPORTUAIRE:.....	99

IV.3. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	105
IV.4. LES BASSINS	108
IV.5. DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU DE DRAINAGE	109
IV.5.1 Premier dimensionnement	109
IV.5.2 .Détermination sommaire du réseau de drainage.....	110
IV.5.3 Calcul définitif du réseau de drainage	111
CHAPITRE V: BALISAGE ET SIGNALISATION DES AERODROMES	
V.1. INTRODUCTION	114
V.2. BALISAGE ET SIGNALISATION DE JOUR	114
V.2.1. Identification de l'aérodrome	114
V.2.2. Indicateur de la direction des vents (ou manche à vent).....	114
V.2.3. Indicateur de direction d'atterrissage :	115
V.2.4. Marquage des pistes.....	116
V. 2.4.1. Marques d'identification des pistes QFU.....	116
V.2.4.2. Marque d'axe de piste.....	119
V.2.4.3. Marque de seuil de piste	119
V. 2.4.4. Marques à distance constante	121
V.2.4.5. Marques de zone de toucher des roues	121
V.2.4.6. Marques latérales de piste.....	123
V.2.5. Marquage des voies de circulation.....	123
V.2.5.1 Marques axiales	123
V.2.5.2 Point d'attente.....	123
V.3. BALISAGE LUMINEUX ET SIGNALISATION DE NUIT	124

V.3.1 Phare d'identification	125
V.3.2 Feux de piste	125
V.3.3 Feux des voies de circulation	128
V.3.4 Feux des aires de stationnement.....	130
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	132

CHAPITRE I.

GENERALITES SUR LES AERODROMES



I.1. INTRODUCTION

La mondialisation multiplie les échanges internationaux dans divers domaines tels que l'industrie, le commerce et la technologie. L'ampleur de ces échanges implique en parallèle un important flux de déplacement humain d'un pays à l'autre.

Le transport international a pour rôle de répondre aux besoins de déplacement de biens et de personnes, il permet aussi d'offrir un ensemble de moyens qui supportent l'espace économique mondial et ses interdépendances. Dans le contexte où les échanges augmentent, les transports suivent de toute évidence cette tendance. Ce mouvement n'aurait pu avoir lieu sans que les transports connaissent des innovations technologiques notables permettant de transporter de plus grandes quantités de marchandises et ce plus rapidement et plus efficacement.

Parmi les principaux modes de transports, soit le transport aérien. Il répond aux besoins économiques et échanges extérieurs. C'est un mode flexible, un aéroport pouvant desservir une multitude de destinations. Il contribue au développement des villes par leurs systèmes de dessertes, et participe à l'aménagement du territoire.

Le transport aérien est né au lendemain de la première guerre mondiale et La technologie du transport aérien a connu une progression rapide après la deuxième guerre mondiale, il joua un rôle important dans le monde du point de vue transport de passagers et de fret.

I.2. DEFINITION DU TRANSPORT AERIEN

Le transport aérien désigne l'ensemble des activités consacrées au transport commercial par voie aérienne, il regroupe toutes les opérations de transport de personnes et l'acheminement des marchandises de toutes sortes de volume en avion au niveau interne et au niveau international.

Transport aérien civil est effectué par des compagnies aériennes utilisant des avions de ligne. Lorsque le réseau des destinations et les horaires sont fixes elles sont dites

« régulières » et le transport « à la demande » est le domaine des compagnies « charter », qui sont des vols commerciaux organisés en dehors des lignes à horaires réguliers. La majorité des avions de ligne sont équipés pour le transport des passagers et disposent d'une soute pour les bagages et le fret et la plupart des compagnies aériennes exercent ces deux activités en même temps. Il existe toutefois des vols destinés uniquement au fret.

Le transport aérien est caractérisé par :

- ✓ Sa rapidité avec laquelle le transport peut être effectué permet de répondre rapidement à des demandes urgentes en acheminant des personnes et marchandises dans un laps de temps ;
- ✓ Son niveau de sécurité obtenu est également un avantage commercial important tant en ce qui concerne la réduction du nombre de litiges ainsi qu'il procède à des mesures visant à réduire les risques aériens ;
- ✓ Sa régularité permet de planifier les flux d'approvisionnement ;
- ✓ Sa fiabilité rend ce mode de transport très performant, il se conforme aux règles de la navigation aérienne.

I.3. LES AVANTAGES DU TRANSPORT AERIEN ET SES INCONVENIENTS :

I. 3. a. Les avantages du transport aérien

- C'est le plus rapide sur de longues distances parmi tous les modes de transports ;
- Les compagnies aériennes utilisent certains aéroports comme plaques tournantes (hubs), ce qui permet de réacheminer rapidement les marchandises ;
- La manutention horizontale réduit le risque de dommage causé à la marchandise ;
- L'emballage de la marchandise coûte moins cher que pour les autres modes de transport ;
- Le transport aérien est fiable et régulier ;

- Les frais financiers, comme ceux qui sont liés au stockage et à l'assurance, sont réduits ;
- Les zones géographiques desservies sont très nombreuses.

I. 3. b. Inconvénients du transport aérien

- Le risque d'accidents ;
- Il dépend des conditions météorologiques (La neige et la glace) ;
- Les retards des vols ou annulations ;
- Ne convient pas à tous types de marchandises et transporte un plus petit volume de marchandises par rapport aux autres moyens de transport ;
- Le cout élevé du fret aérien ;
- C'est le mode de transport le plus polluant car il consomme d'énormes quantités de pétrole .

I.4. HISTORIQUES DU TRANSPORT AERIEN:

Le Transport Aérien a connu une évolution au cours de son histoire :

➤ **1898-1914: naissance de l'aviation;**

Le premier vol avec passagers eut lieu en 1908.

➤ **1915-1939: premiers avions *commerciaux*;**

La première ligne internationale commerciale est la ligne entre Toussus-le-Noble (Paris) et Kenley (Londres) qui a été inaugurée en 1919 ; après la première guerre mondiale, par un avion français provenant de la guerre avec douze passagers à bord et qui était piloté par la personnalité aéronautique bien connue Bossoutrot.

Dans cette période ; l'évolution a été relativement rapide.

A la fin de l'année 1919 ; ouverture de la ligne Toulouse-Maroc (c'était la ligne Latécoère, illustré par la suite par Mermoz, Saint-Exupéry et d'autres).

En 1925 ; ouverture aux États-Unis de la première ligne commerciale régulière toute l'année.

En 1930 ; première traversée commerciale de l'Atlantique Sud.

En 1937 ; premier vol commercial transpacifique.

➤ **1945-1959: Evolution d'après-guerre mondiale ;**

La seconde guerre mondiale a contribué au développement technique de l'aviation,

À partir de 1945 seulement, les vols commerciaux ont été faits par avion.

Quant à la première liaison transatlantique par quadriréacteur elle date de 1958.

Par ailleurs, en Atlantique Nord, dans les années 1900-1910, l'époque de la grande émigration aux États-Unis, environ 1 million de passagers, traversaient annuellement l'Atlantique par bateaux.

Ce chiffre de l'époque pré-aéronautique s'est vu diminuer entre les deux guerres pour arriver après à un peu moins de 1 million de passagers par bateaux en face de 4 millions de passagers par avion.

➤ **1960-1970:** raccourcissement des temps de vols ;

➤ **1971-1978:** augmentation des capacités;

➤ Début **1990**, le transport aérien est devenu une industrie majeure par son importance et sa maturité.

Mais le transport aérien a été secoué par trois crises au cours des années 1970 et 1980 au point de voir décroître le volume de son trafic, de 1990 à 1991, pour la première fois dans son histoire. La globalisation des échanges mondiaux, les regroupements économiques régionaux (Union européenne, Accord libre échange

Nord-Américain), la privatisation des entreprises publiques et la libéralisation des échanges de capitaux transforment profondément les conditions dans lesquelles s'exerce cette activité.

I.5. REGLEMENTATION DU TRANSPORT AERIEN

I.5.1. HISTORIQUE

Dès la fin de la première guerre mondiale, la première tentative réussie de règlementation de la navigation aérienne était la Convention de Paris, signée le 13 Octobre 1919 par 33 états alliés, une initiative d'Albert Ropert, un français qui avait été inspiré des efforts de l'époque pour uniformiser les types d'avions et moteurs aéronautiques utilisés par les alliés pendant la première guerre mondiale.

La Convention de Paris posait le premier code de la route aérienne qui contient les principes fondateurs de la libre circulation internationale dans le respect de la souveraineté des Etats sur leur espace aérien et imposait le certificat de navigabilité, le brevet d'aptitude et la licence des pilotes pour la navigation internationale.

D'autres conventions suivirent jusqu'en 1938 mais s'agissait d'accords partiels ou dispersés en régression par rapport à la convention de Paris.

I.5.2. LES ACCORDS INTERNATIONAUX :

I.5.2. 1. La convention de Varsovie « Octobre 1929 »

Elle a établi les normes des titres de transport (lettres de transport aérien pour le fret, billets de voyages,).

Elle a défini la responsabilité des compagnies vis-à-vis de leurs clients et ces règles de responsabilité (établies dans un sens restrictif et protecteur des compagnies) ont été révisées à plusieurs reprises.

I.5.2. 2. La convention de Chicago « Novembre-Décembre 1944 »

En 1944 à Chicago ; les Etats Unis invitèrent 55 États ou administrations à assister à une conférence internationale de l'aviation civile, qui aboutit à la signature de la *convention de Chicago* par 52 États,

Le but de cette conférence était de :

- ✓ définir un cadre réglementaire pour que le développement du transport aérien se fasse de façon ordonnée et homogène dans l'ensemble du monde,
- ✓ pour que chaque état puisse exploiter des services de transports internationaux sans que cela entraîne une concurrence excessive qui nuirait aux usagers.

Ces objectifs n'ont pas été complètement atteints :

Ce qui avait trait à l'aspect purement technique du transport aérien a pu obtenir l'accord de tous les partenaires, mais ce qui touchait à l'aspect commercial n'a pu être agréé par l'ensemble des Etats, les intérêts économiques étant déjà divergents.

En ce qui concerne l'aspect technique, la convention de Chicago a :

- Réaffirmé le principe de la souveraineté des Etats sur leurs espaces aériens ;
- Edicté des mesures propres à faciliter la navigation aérienne ;
- Proposé une uniformisation des règlements relatifs aux :
 - aéronefs,
 - Personnels,
 - routes aériennes ;
- Créé pour coordonner ceci : l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale – ICAO en anglais)
- Etabli une distinction entre le transport régulier (effectué suivant des horaires préétablis permanents), et le transport non régulier ;
- Elaboré un cadre réglementaire d'exploitation de transport aérien :

Les cinq libertés de l'air :

1^{ère} liberté : droit de franchissement d'un territoire en survol sans atterrissage.

2^{ème} liberté : droit d'atterrissage pour raisons non commerciales (escale technique).

Ces deux premières ont un aspect technique et politique, mais pas commercial elles ont donc été acceptées de façon multilatérale dès 1944 par les Etats membres, l'ex URSS ne s'y étant associée que 25 ans plus tard.

3^{ème} liberté : droit de débarquer passagers, fret et poste en provenance de l'Etat dont l'aéronef possède la nationalité.

4^{ème} liberté : droit d'embarquer des passagers, fret et poste à destination du territoire de l'Etat dont l'aéronef possède la nationalité.

5^{ème} liberté : droit pour la compagnie d'un Etat de débarquer ou d'embarquer son chargement sur le territoire d'un autre Etat, à destination ou en provenance d'un troisième Etat.

Ces trois dernières libertés ont un caractère commercial et s'applique différemment au transport régulier et au transport non régulier :

- a. Le transport régulier est soumis à autorisation de l'Etat desservi ; et ces trois libertés doivent l'objet d'accords bilatéraux, discutés chaque fois d'Etat à Etat ;
- b. le transport non régulier est plus libre, en revanche.

I.5.2. 3. La convention de Rome « Octobre 1952 »

Cette convention fixait les règles internationales applicables en matière de dommages causés au sol par des aéronefs étrangers.

I.5.2. 4. La convention de La Haye « Décembre 1970 »

Cette convention porte sur les détournements d'avions.

I.5.2. 5. La convention de Montréal « Septembre 1971 »

Elle était sur le sabotage des aéronefs.

Dès qu'une nouvelle situation se crée et se trouve souvent sur différents points du globe, les instances internationales se réunissent pour créer une nouvelle convention.

I.5.3 LES ORGANISATIONS INTERNATIONALES

I.5.3.1 L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) (ou charte OACI)



Depuis 1889, des conférences se tiennent autour du thème de l'aviation, la première organisation internationale relative à l'aviation n'est créée qu'en 1947 par la convention de Chicago. Il s'agit de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (O.A.C.I.), une institution spécialisée qui dépend des Nations Unis (ONU). Le siège social de l'OACI se situe à Montréal au Canada. L'OACI, qui compte 193 Etats membres, soit presque tous les pays du monde, est l'organisme qui assure la normalisation internationale des règles de sécurité. C'est elle qui a défini les normes et pratiques que les pays doivent suivre pour la conception et l'exploitation des appareils et d'une grande partie du matériel dont ils sont équipés, de même que les règles auxquelles doivent obéir les pilotes de ligne, les équipages, les contrôleurs du trafic aérien et les équipes d'entretien au sol.

I.5.3.1.1 La convention de Chicago

L'OACI a été mise en place initialement par 52 Etats avec la signature le 7 décembre 1944 à Chicago (USA) de la convention sur l'aviation civile internationale, connue aussi comme la convention de Chicago. Après une période transitoire liée à la ratification de la convention, elle a commencé à fonctionner officiellement à partir du 4 avril 1947.

I.5.3.1.2 Les missions et objectifs de L'O.A.C.I:

- Participer à l'élaboration des normes qui permettent la standardisation du transport aéronautique international.
- Développement sur et ordonné de l'aviation civile internationale;
- Encourager les techniques de conceptions et d'exploitation des aéronefs;
- Encourager le développement des voies aériennes, des aéroports, des installations et des services de navigation aérienne;
- Offrir aux peuples du monde des transports aériens surs, réguliers, efficaces et économiques;
- Prévenir le gaspillage économique d'une concurrence déraisonnable;
- Promouvoir la sécurité de vol dans la navigation aérienne internationale;
- Promouvoir, en général, le développement de l'aéronautique civile internationale sous tous ses aspects.
- Assurer le respect intégral des droits des Etats contractants et une possibilité équitable pour chaque Etat contractant d'exploiter des entreprises de transport aérien international;
- Eviter la discrimination entre Etats contractants.

I.5.3.1.3 Fonctionnement de l'OACI

L'OACI est dotée d'un organe souverain, l'assemblée, et d'un organe directeur, le Conseil.

L'assemblée se réunit tous les trois ans sur convocation du Conseil. Chaque Etat contractant à droit à une voix et les décisions sont prises à la majorité des suffrages exprimés, sauf dispositions contraires de la Convention. A chacune de ses sessions, l'Assemblée procède à un examen détaillé de tous les travaux de l'Organisation dans les domaines techniques, et elle donne les directives pour les travaux futurs des organes de l'OACI.

Le Conseil est un organe permanent responsable devant l'assemblée. Il est composé de 33 Etats contractants élus par l'assemblée pour trois ans de manière à donner une représentation adéquate aux Etats d'importance majeure dans le transport aérien, aux Etats non élus dans la première catégorie qui contribuent le plus à fournir des installations et services pour la navigation aérienne civile, et aux Etats non élus dans l'une des deux premières catégories dont l'élection assure la représentation au conseil de toutes les grandes régions géographiques du monde.

Le Conseil et ses organes auxiliaires, la commission de navigation aérienne, le Comité du transport aérien, le comité juridique, le Comité de l'aide collective pour les services de navigation aérienne, le Comité des finances, le Comité de l'intervention illicite et le Comité de la coopération technique, assurent la continuité de la direction des travaux de L'OACI.

L'une des principales fonctions du Conseil est d'adopter des spécifications internationales. Le conseil peut remplir des fonctions d'arbitre en cas de différents entre Etats contractants sur des questions d'aviation et de mise en application de la Convention, il peut procéder à des enquêtes sur toute situation de nature à faire obstacle au générale, prendre toutes mesures nécessaires pour garantir la sécurité et la régularité du transport aérien international.

Une autre des activités principales de l'organisation est la normalisation, par l'établissement de normes, pratiques recommandées et procédures internationales dans différents domaines techniques de l'aéronautique, les Etats membres de

l'organisation s'engage à mettre en œuvre les normes adoptées ou, en cas d'impossibilité, à notifier les différences entre leurs propres pratiques et celles établies par la norme internationale.

I.5.3.1.4 Les annexes à la convention de Chicago

Dans le domaine de la coordination technique, tâche définie de l'OACI, son action se traduit par la publication de règles ayant pour objet d'assurer l'uniformité des règlements et des méthodes.

Les recommandations émises par l'O.A.C.I sont regroupées au sein des annexes suivantes :

Annexe 1 : Licence du personnel

Annexe 2 : Règles de l'air

Annexe 3 : Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale

Annexe 4 : Cartes aéronautiques

Annexe 5 : Unités de mesure à utiliser dans l'exploitation en vol et au sol

Annexe 6 : Exploitation technique des aéronefs

Annexe 7 : Marques de nationalité et d'immatriculation des aéronefs

Annexe 8 : Navigabilité des aéronefs

Annexe 9 : Facilitation

Annexe 10 : Télécommunications aéronautiques

Annexe 11 : Services de la circulation aérienne

Annexe 12 : Recherche et sauvetage

Annexe 13 : Enquête sur les accidents et incidents d'aviation

Annexe 14 : Aérodrômes

Annexe 15 : Services d'information aéronautique

Annexe 16 : Protection de l'environnement

Annexe 17 : Sûreté

Annexe 18 : Sécurité du transport aérien de marchandises dangereuses

Annexe 19 : Gestion de la sécurité

I.5.3.1.5 Dispositions constituant d'une annexe

Une annexe proprement dite est constituée par les éléments suivants:

- Des normes et pratiques recommandées ;
- Des définitions ;
- Des appendices, des tableaux et des figures

Les normes et pratiques recommandées qui, adoptées par le Conseil en vertu des dispositions de la Convention de Chicago, se définissent comme suit :

- ✓ *Norme* : Toute spécification portant sur les caractéristiques physiques, la configuration, le matériel, les performances, le personnel et les procédures, dont l'application uniforme est reconnue nécessaire à la sécurité ou à la régularité de la navigation aérienne internationale et à laquelle les États contractants se conformeront en application des dispositions de la convention. En cas d'impossibilité de s'y conformer, une notification au conseil est obligatoire aux termes de l'Article 38 de la Convention.
- ✓ *Pratique recommandée* : Toute spécification portant sur les caractéristiques physiques, la configuration, le matériel, les performances, le personnel et les

procédures, dont l'application uniforme est reconnue nécessaire à la sécurité ou à la régularité de la navigation aérienne internationale et à laquelle les États contractants s'efforceront de se conformer en application des dispositions de la Convention.

I.5.3.2 L'Association du transport aérien international (IATA) (International Air Transportation Association)



C'est une association de compagnies aériennes privées et non pas d'états, créée en 1945.

C'est une organisation professionnelle privée réunissant presque tous les transporteurs et assurant la coopération mondiale entre les transporteurs de l'aviation civile.

Elle présente concurremment un centre d'échanges, un centre de renseignements, un organisme d'études, un organisme de contrôle, une association qui défend les intérêts de ses membres.

Article 3 de ses statuts, vise à :

- ✓ coopérer avec l'OACI et les autres organismes internationaux.

- ✓ encourager le développement de transports aériens sûrs, réguliers et économiques, favoriser le commerce aérien et étudier les problèmes qui s'y rapportent.
- ✓ fournir les moyens propres à une collaboration des entreprises de transports aériens internationaux.

I.5.3.3 L'Eurocontrol :

L'Organisation intergouvernementale européenne pour la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien supérieur, fondée en 1963, dont le siège est situé à Bruxelles.

Elle rassemble, depuis 1963, la Belgique, la France, le Luxembourg, les Pays-Bas, la République Fédérale Allemande et le Royaume Uni, auxquels s'est jointe l'Irlande en 1965. Aujourd'hui elle compte 41 États membres.

Sa mission est de gérer le réseau de la circulation aérienne en Europe, en promouvant un système uniforme pour les usagers civils et militaires, dans des conditions de sécurité maximale tout en minimisant les coûts et les impacts environnementaux.

CHAPITRE II.

MATERIEL AERIEN



II.1 CLASSIFICATION DES AERONEFS

Aéronefs : on peut définir un aéronef tout appareil capable de s'élever ou de se mouvoir en altitude dans l'espace aérien.

La classification des aéronefs se fait à partir du mode de sustentation et/ou de mode de propulsion. Sur ce principe on peut distinguer 2 grands groupes :

- *Les aéronefs plus lourds que l'air ou les aérodynes* ; regroupant tous les appareils capables de voler, (par exemple les avions, les hélicoptères ou planeur). Ils se sustentent par les forces dynamiques que l'air exerce sur eux du fait du mouvement.
- *Les aéronefs plus légers que l'air ou les aérostats* ; ils se sustentent dans l'air selon le principe d'Archimède. Dans cette catégorie, sont rassemblés les ballons et les dirigeables.

On va décrire sommairement les différents aéronefs :

II.1.1 LES AVIONS « Aérodynes motorisés à voilure fixe » :

II. 1.1.1. Définition :

Les avions sont des aéronefs à moteurs et ailes fixes. On l'appelle **avion** depuis « **Clément ADER** » qui créa ce mot à partir du latin *avis* qui signifie oiseau. Il donna ce nom à l'appareil qu'il construisit en 1897.



Figure II.1 : avion AIRBUS 380

II. 1.1.2. Equilibre de l'avion :

Le vol d'un aéronef est soumis à trois types de forces :

- **la traction** (la poussée de l'hélice) ou **la poussée** du réacteur entraînée par le moteur ;
- **Le poids** : est l'effet de la gravité terrestre sur la masse de l'appareil ;
- La résultante des forces aérodynamiques (la portance et la trainée) :
- **la portance**, perpendiculaire au vent relatif, vers le haut. Cette force est engendrée par la différence de pression entre le dessus et le dessous de l'aile.
- **la trainée**, parallèle au vent relatif, vers l'arrière.

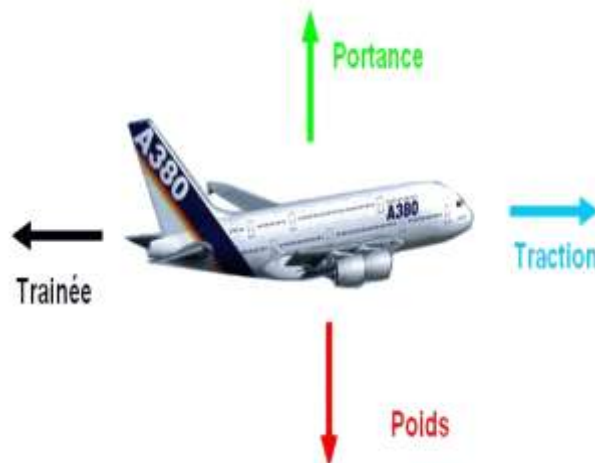


Figure II.2 : Les forces appliquées sur l'Avion

II. 1.1.3. La structure d'un avion :

Un avion est constitué de trois éléments principaux:

- Une cellule composée d'un fuselage, d'une voilure et d'empennages,
- Un ou plusieurs systèmes de propulsion (moteur et hélice, ou réacteur),
- Un train d'atterrissage :

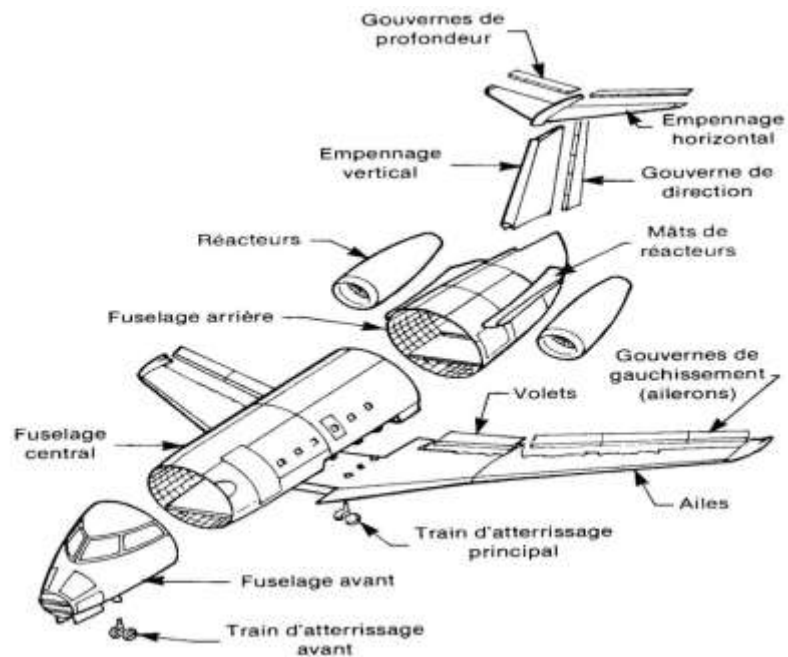


Figure II.3 : Les éléments constitutifs d'un avion

a. La cellule : elle est constituée par :

- le **fuselage** dont la fonction est de recevoir la charge transportée. Il comprend :
 - *la cabine* aménagée pour transporter les passagers;
 - *les soutes* prévues pour embarquer les bagages et les marchandises ;
 - *le poste de pilotage* : C'est l'habitacle du personnel de conduite, situé dans la partie avant du fuselage.
- les **ailes**, ont pour but d'assurer la sustentation de l'avion quand celui-ci est animé d'une vitesse suffisante. La distance mesurée entre les extrémités des deux ailes s'appelle l'**envergure** ;

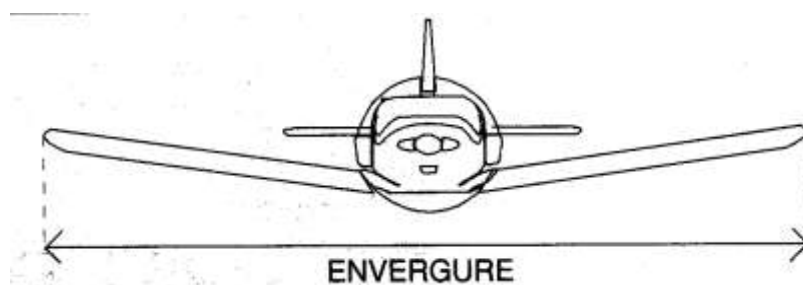


Figure II.4 : L'envergure d'un avion

Elles peuvent prendre plusieurs formes: rectangulaires, en flèche ou Delta (**Figure II.5**). Dans les ailes sont installés les réservoirs de carburant (kérosène).



Figure II.5. Les formes des ailes

- les **empennages** horizontaux et verticaux situés à l'arrière du fuselage assurent la stabilité de l'avion en vol sur sa trajectoire ; auxquels sont attachées les **gouvernes de profondeur** et de **direction**,

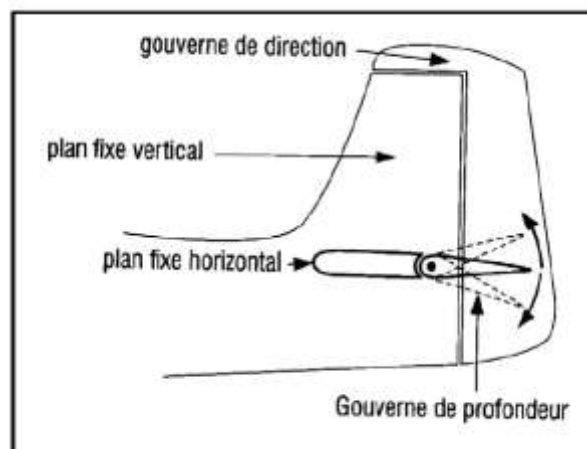


Figure II.6. Empennage

b. Systèmes de propulsion :

Les **moteurs** produisent et transmettent à l'avion la force dont il a besoin pour avancer .ils transmettent aussi l'énergie électrique, thermique et hydraulique dont il a besoin pour assurer sa mission.

c. Le train d'atterrissage :

Le *train d'atterrissage* constitué de plusieurs atterrisseurs permettant à l'avion de rouler, se diriger, maîtriser sa vitesse au sol et absorber l'énergie de l'impact au moment de l'atterrissage.

- Les atterrisseurs *principaux* au niveau des ailes qui supportent entre 90 à 95% du poids de l'avion suivant le centre de gravité de celui-ci.
- L'atterrisseur *auxiliaire* ou *secondaire* au niveau du nez de l'avion



Figure II.7. Le train d'atterrissage d'un avion



Figure II.8 : Atterrisseur principal de Boeing 777-300.



Figure II.9 : Atterrisseur secondaire

-Type de roues d'atterrisseurs :






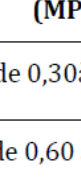
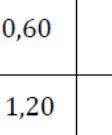
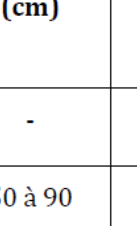
Type	Forme géométrique	Masses supportées	Pression de gonflage de pneumatiques (MPa)	V (cm)	E (cm)
Roue simple		Jusqu'à 5t	de 0,30 à 0,60	-	-
Jumelage		de 5 à 40t	de 0,60 à 1,20	50 à 90	-
Tandem		de 10 à 20t	de 0,40 à 0,80	-	130 à 170
Boggie		de 20 à 90t	de 1,00 à 1,60	40 à 140	100 à 180

Tableau II.1. Caractéristiques des atterrisseurs

Géométrie	Type d'atterrisseur	Exemples	V	E	Masses supportées	Pression de gonflage des pneumatiques
	ROUE SIMPLE	- avions légers	—	—	jusqu'à 5 t	0,3 - 0,6 MPa
	JUMELAGE (ou DIABOLO)	- avions légers - courts et moyens courriers	50-90 cm	—	5 à 40 t	0,6-1,2 MPa
	TANDEM	- avions militaires (configuration rare)	—	130-170 cm	10 à 20 t	0,4-0,8 MPa
	BOGGIE	Tous types sauf avions légers. Principalement long-courriers	40-140 cm	100-180 cm	20 à 90 t	1 - 1,6 MPa
<p>VOIE (V) : distance entre deux roues d'un même essieu. EMPATTEMENT (E) : distance entre l'essieu avant et l'essieu arrière.</p>						

Espacement longitudinal (E : Empattement) et transversal (V : Voie) entre les roues.

II. 1.1.4. Classification des avions :

- **Classification N° 01** : une classification des avions est faite selon la longueur d'étape qui est la distance à couvrir sans escale par les avions au départ de l'aéroport.

Cette longueur d'étape joue un rôle majeur dans la conception de ce dernier : c'est un des éléments à prendre en compte pour déterminer la longueur nécessaire pour la piste. Elle est fonction des performances des avions, de la pression de l'air et de la température.

On distingue les catégories d'avion suivantes :

a. Les longs courriers LC : Ce sont des avions lourds dont la longueur d'étape est supérieure à 3 000 km. Les longs courriers sont des avions de grandes capacités tels que les B747, A380. ;

b. Les moyens courriers MC : Ce sont des appareils peuvent desservir des étapes de 1.000 à 3.000 kms. Exemple : le Boeing 727, les Airbus... .

c. Les courts courriers CC : Ce sont des appareils devront desservir des étapes jusqu'à 1 000 km

d. Les avions de tourisme et de voyages V : Cette catégorie comporte les autres appareils utilisés à des fins très divers tels que l'aviation d'affaires, l'aviation de travail aérien, l'aviation de tourisme pratiquée dans les aéroclubs.

- **Classification N°2** : Classification en groupes pour la détermination et l'utilisation des minimums opérationnels : cette classification est basée sur le poids maximum au décollage **P** des avions et leur vitesse d'approche **VA** :

	VA < 180 km/h	180 km/h < VA < 250 km/h	VA > 250 km/h
P > 80t	Groupe III	Groupe III	Groupe III

30t < P < 80t	Groupe II	Groupe II	Groupe III
P < 30t	Groupe I	Groupe II	Groupe III

- **Classification N° 3** : (OACI) : Elle est basée sur la vitesse d'atterrissage égale à $1,3 V_s$ (V_s étant la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage au point maximum certifiée à l'atterrissage).

Catégorie	V_s (nœuds)	Type
A	$V_s < 91$	Avion à piston
B	$91 < V_s < 120$	Petits biréacteurs, avions a turbo propulseur
C	$121 < V_s < 140$	Certains biréacteurs
D	$141 < V_s < 165$	Quadriréacteurs
E	$166 < V_s < 210$	Prototypes militaires

II.1.2 LES HYDRAVIONS :

Ce sont des avions conçus pour décoller d'un plan d'eau et pour s'y poser. Il existe deux familles principales : l'*hydravion à coque* et l'*hydravion à flotteurs*.

Le *premier vol* d'un hydravion fut réalisé par *Henri Fabre* qui décolla le 28 mars 1910 de l'étang de Berre, à Martigues, en France avec son "*Canard*".

L'hydravion est muni de flotteurs qui remplacent les roues d'un avion classique. Le fuselage des gros hydravions s'assimile à la coque d'un bateau, ce qui leur permet de flotter. On trouve aussi des hydravions munis de roues qui leur permettent de rouler depuis leur hangar vers le plan d'eau et vice-versa.



Figure II.10 : Un Canadair en opération

II.1.3 LES GIRAVIONS « AERODYNES A VOILURE TOURNANTE » :

Ce sont des aéronefs sustentés par des ailes rotatives. Le seul type rencontré couramment est l'hélicoptère.

L'hélicoptère constitue un moyen de transport idéal pour les liaisons de point à point. L'hélicoptère est utilisé dans des buts de sécurité (en montagne par exemple), pour du travail aérien, pour des évacuations sanitaires (le transport rapide des blessés), dans des buts militaires (par exemple la surveillance des côtes), la desserte des plateformes pétrolières en mer et le soulèvement des charges (grue volante).

L'hélicoptère est le seul aérodyne capable de décoller et d'atterrir quasi verticalement. Le rotor est entraîné mécaniquement par le moteur et assure non seulement la sustentation, mais également la propulsion. La cellule d'un hélicoptère monorotor comprend successivement de l'avant à l'arrière :

- ❖ Une verrière abritant le poste de pilotage ;
- ❖ Une cabine qui dépend du type de mission ;
- ❖ Une poutre profilée ou dite *queue* supportant un rotor annexe appelé *anticouple*, tournant dans un plan vertical, et entraîné mécaniquement par le moteur qui est en général situé sur la partie supérieure de la cellule.

La cellule est dotée d'un train sommaire appelé *patins* ou d'un train d'atterrissage *classique*, escamotable ou non.



Figure II.11 : Un hélicoptère

II.1.4 LES PLANEURS « AERODYNES NON MOTORISES A VOILURE FIXE » :

Un planeur est un aéronef sans moteur. Fabriqué de matériaux composites (carbone, fibre de verre), l'envergure d'un planeur va de 15m à plus de 29m pour les plus grands. En conséquence, leur poids (pilote inclus) varie de 300 à 850 kg. Un planeur vole entre 80 et 200 km/h, sa vitesse maximale peut atteindre 285 km/h.

Il est constitué de trois parties majeures faites le plus léger possible.

- **Le fuselage** : Sa fonction est de porter et d'abriter le ou les pilotes ;
- **La voilure** : Sa fonction est d'assurer la portance de l'appareil. elle est constituée de deux ailes, aussi appelées plumes ;
- **Les empennages** : Leur fonction est d'assurer la stabilité et le contrôle sur les axes de tangage et de lacet.



Figure II.12 : Un planeur

II.1.5 LES BALLONS « AEROSTAT » :

Le ballon ou montgolfière est un aérostat simple dans sa conception et son emploi .il est composé d'une enveloppe en tissu, contenant le gaz, sur laquelle sont cousues des suspentes, assurant la liaison avec la nacelle, il est aussi doté d'un système de carburant (brûleur avec cadre de charge et réservoirs de carburant).

Les montgolfières sont des aéronefs qui fonctionnent d'une part suivant le principe d'Archimède et, d'autre part la caractéristique de gaz selon laquelle le produit de la pression du gaz par son volume est toujours proportionnel à sa température. La poussée d'Archimède est la force reçue d'un corps plongé dans un gaz, égale au poids du volume déplacé de ce gaz.



Figure II.13 : Une montgolfiere

II.1.6 LES DIRIGEABLES :

Le dirigeable est aéronef plus léger que l'air ou un aérostat capable de se diriger dans toutes les directions. Son enveloppe a généralement la forme d'un cigare dont la partie arrière est dotée de plans fixes, appelés stabilisateurs, sur lesquels s'articulent des plans mobiles jouant le rôle de gouvernails, appelés gouvernes. Comme le gouvernail d'un navire, la gouverne verticale permet de modifier le cap ; elle est appelée gouverne de direction. La gouverne horizontale, appelée profondeur, permet de changer l'attitude horizontale.



Figure II.14 : Un dirigeable

II.2 FICHE TECHNIQUE D'UN AVION

II.2.1 Exemple 1 : caractéristiques techniques d'un BOEING 747

Tableau II.2. Fiche technique Boenig 747

Version	747-400	747-400ER	747-400F	747-400ERF
Équipage	deux			

cockpit				
Passagers ou capacité cargo	416 (3 classes), 524 (2 classes), 660 (400D, 1 classe)		Pont principal : 30 palettes Pont inférieur : 32 conteneurs LD1 Charge utile : 112 630 kg	Pont principal : 30 palettes Pont inférieur : 32 conteneurs LD1 Charge utile : 112 760 kg
Longueur	70,663 m			
Envergure	64,440 m			
Surface alaire	560 m ²			
Allongement	7,4			
Hauteur	19,406 m			
Masse à vide en ordre d'exploitation	178 800 kg	184 570 kg	165 107 kg	164 382 kg
Masse maximale au décollage (MTOW)	396 890 kg	412 775 kg	396 890 kg	412 775 kg
Masse maximale à l'atterrissage (MLW)	630,000 lbs 285,762 Kg	652,000 lbs 295,743 Kg	666,000 lbs 302,092 Kg	653,000 lbs 296,196 Kg
Vitesse de croisière (à 35 000 ft, 10,66 km)	<u>Mach</u> 0,85 (493 kt, 912 km/h)	Mach 0,855 (495 kt, 917 km/h)	Mach 0,845 (490 kt, 908 km/h)	
Vitesse maximale (à 35 000 ft, 10,66 km)	Mach 0,92 (533 kt, 988 km/h)			
Distance de décollage (MTOW, ISA)	3 200 m (10 500 ft)	3 100 m (10 200 ft)	3 250 m (10 660 ft)	3 100 m (10 200 ft)

Autonomie à charge maximale	7 260 NM (13 450 km)	7 670 NM (14 205 km)	4 445 NM (8 230 km)	4 970 NM (9 200 km)
Capacité de carburant	216 840 L	241 140 L	216 840 L	
Moteurs	<u>P&W PW4062</u> <u>GE CF6-80C2B5F</u> <u>RR RB211-524H</u>	P&W PW4062 GE CF6-80C2B5F	P&W PW4062 GE CF6-80C2B5F RR RB211-524H	P&W PW4062 GE CF6-80C2B5F
Poussée unitaire	PW : 282 kN (63 300 lbf) GE : 276 kN (62 100 lbf) RR : 265 kN (59 500 lbf)	PW : 282 kN (63 300 lbf) GE : 276 kN (62 100 lbf)	PW : 282 kN (63 300 lbf) GE : 276 kN (62 100 lbf) RR : 265 kN (59 500 lbf)	PW : 282 kN (63 300 lbf) GE : 276 kN (62 100 lbf)

II.2.2 Exemple 2 : Caractéristiques techniques AIRBUS 380-800

Tableau II.3. Fiche technique Airbus_A380

Rôle	<u>Avion de ligne long-courrier</u>
Longueur	72,72 m
<u>Envergure</u>	79,75 m
Hauteur	24,09 m
<u>Aire alaire</u>	845 m ²
Masse et capacité d'emport	
Max. à vide	369 t
<u>À vide</u>	276,8 t
<u>Max. au décollage</u>	575 t

Max. à l'atterrissage	394 t
<u>Kérosène</u>	320 m ³
Passagers	<ul style="list-style-type: none"> • 407 - 538 en 3 classes • 615 en 2 classes⁴ • 853 (autorisés)^{easa 1}
<u>Fret</u>	38 <u>LD3</u> ou 13 conteneurs
Motorisation	
Moteurs	Quatre <u>turbofans</u> <u>Rolls-Royce Trent 900</u> ou <u>Engine Alliance GP7200</u>
Poussée unitaire	311 à 340 <u>kN</u>
Poussée totale	1 208 <u>kN</u>
Performances	
<u>Vitesse de croisière maximale</u>	950 km/h (<u>Mach</u> 0,89)
<u>Vitesse maximale</u>	1 020 km/h (<u>Mach</u> 0,93)
<u>Distance franchissable</u>	15 200 km
Altitude de croisière	10 700 m
Plafond	13 100 m
<u>Charge alaire</u>	660,2 kg/m ²

II.3 DETERMINATION DU TRAFIC AERIEN

L'estimation de la capacité d'un aéroport est basée sur l'évaluation de la capacité horaire mouvements ou passagers.

- Parmi les données de base d'un projet d'infrastructure aéroportuaire sont les prévisions de trafic :

- Nombre de mouvements ;
- Nombre de passagers ;
- La quantité de fret (poste).

II.3. 1 Nombre de mouvements

Le trafic d'un aéroport est caractérisé par le nombre des mouvements d'avions qui le fréquentent.

Un mouvement est constitué par un *décollage* ou un *atterrissage*. Un avion en escale engendre deux mouvements (un atterrissage à son arrivée et un décollage au départ).

Le nombre de mouvements annuels représente une caractéristique globale de l'aérodrome considéré.

Exemple : > 400 000 Mouvements commerciaux par an pour les grands aéroports américains.

> 250 000 Mouvements commerciaux par an pour les grands aéroports Européens.

II.3. 2 Nombre de Passagers

Le trafic est également caractérisé par le nombre de passagers utilisant l'aéroport.

Exemple : > 60 à 80 millions de passagers sur les plus grands aéroports mondiaux,

> 70 millions sur les grands aéroports européens

De 10 000 à 100 000 passagers par an sur les petits aéroports

On trouve :

- **Les passagers locaux** : dont l'origine ou la destination finale de voyage est l'aérodrome considéré ;
- **Les passagers en correspondances** : qui arrivant par un avion sur un aérodrome repartent du même aérodrome par un autre appareil ;

- **Les passagers en transit** : dont l'appareil s'arrête sur l'aérodrome pendant une escale technique et qui repartent de l'aérodrome par le même appareil ;

❖ **Le trafic national** :

Les passagers et bagages ne quittent pas territoire national ;

Ils ne sont pas soumis à aucune formalité de frontière ;

Mais doivent subir un contrôle de sûreté y compris les bagages de soute.

❖ **Le trafic international** :

Les passagers et les bagages qui quittent ou arrivent sur le territoire national ;

Ils sont soumis aux formalités de frontière ;

Acceptent obligatoirement un contrôle de sûreté.

Le trafic « CHARTER » :

CHARTER= chartered : à la demande à la mode, on examinera les caractéristiques propres des passages.

Des hommes d'affaire :

- Habités au transport aérien ;
- Se déplaçant avec des bagages.

Des touristes :

- Utilisant occasionnellement l'avion ;
- Bagages limités.

Travailleurs migrants :

- Utilisant rarement ce transport aérien ;
- De classer par son environnement ;

- Grands bagages.

Les équipements et les services à rendre aux usagers peuvent être très variables suivant la nature du passager

- Le taux d'accompagnements
- Le nombre de voitures

N.B : il est clair que le nombre de mouvement d'avions est lié aux nombre de places de chacun des avions et leurs coefficients de remplissage.

En général : le taux de remplissage moyen sur une année est égale 60% à 65% jusqu'à 70%.

II.3.3 LA 40^{ème} HEURE

La méthode utilisée communément afin d'en déduire la capacité annuelle est la formule dite de « la 40^{ème} heure ».

Ces formules de la 40^{ème} heure sont au nombre de deux et permettent d'évaluer :

- La Capacité Annuelle Passagers A Partir Du Trafic Horaire Passager,
- La capacité annuelle en mouvements à partir du trafic horaire mouvements.

Elles sont issues de l'analyse de la *courbe des débits classés* des heures d'un aéroport.

❖ Courbe des débits classés

La courbe des débits classés est obtenue à partir d'un classement par ordre d'importance décroissante, pour chaque trafic étudié, de tous les débits par heure de l'année. On extrait donc toutes les heures de fonctionnement de l'aéroport, pour une caractéristique donnée (arrivée + départ + transit des passagers par exemple).

On obtient finalement une courbe monotone décroissante, ainsi que la liste des dates et des moments de la journée où se sont produites ces pointes.

Les caractéristiques traitées par cette méthode :

Pour les passagers : les arrivées (A), les départs (D), l'ensemble $A + D + \text{Transit}$,

Pour les mouvements d'avions: les arrivées (A), les départs (D), le total $(A + D)$,

❖ **Points caractéristiques de la courbe des débits classés**

➤ *La première heure*

C'est l'heure de l'année qui a compté le plus de mouvements ou de passagers, n'est pas représentative car elle est le plus souvent le résultat d'un événement *exceptionnel*. (*aid*, *vacance*...)

Le dimensionnement ne se fait pas à l'aide de cette heure de pointe la plus élevée de l'année car ce serait un luxe excessif. D'un point vu économique c'est un surdimensionnement cher puisque pendant les 8759 autres heures de l'année l'aéroport serait sous-utilisé.

Elle peut servir à obtenir certains renseignements sur la capacité maximale de telle ou telle partie de l'aéroport.

➤ Une heure caractéristique (20e, 30e, 40e,...)

Il s'avère, que suivant les aéroports, des phénomènes irréguliers et non prévisibles peuvent affecter les 20 ou 30 premières heures. Comme il est important de pouvoir comparer d'une année sur l'autre l'évolution de l'heure caractéristique, la prudence conduit à prendre encore une marge, et donc à utiliser selon les aéroports, la 30e, 40e, ou 50e heure.

Il s'agit de trouver une pointe horaire qui se répète assez souvent généralement >30 fois par année. La connaissance de l'heure de pointe caractéristique a pour objet de servir au dimensionnement des installations aéroportuaires.

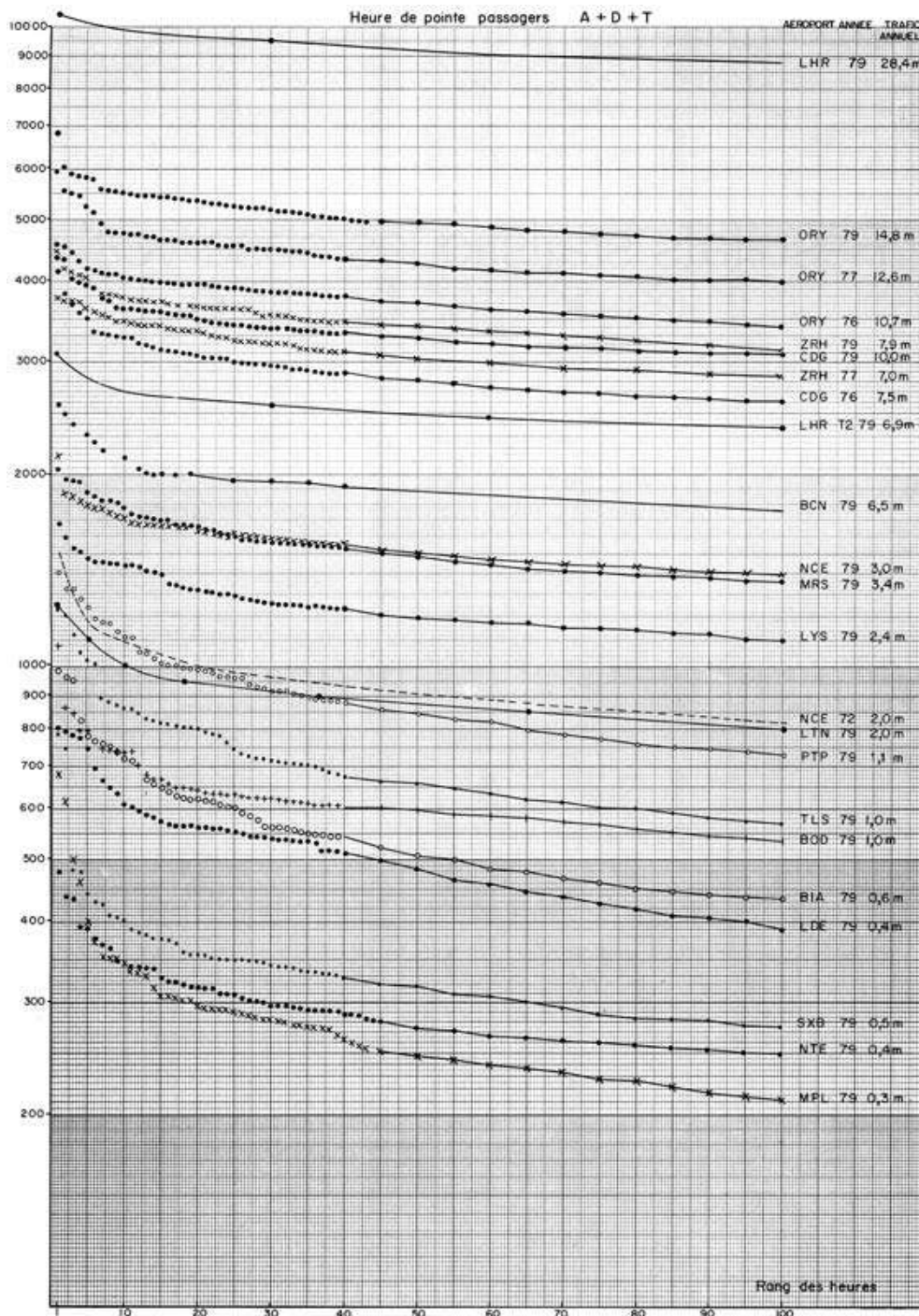


Figure II.15. Exemple de Courbes de débits classées

[Manuel de référence pour la détermination de la capacité d'un aéroport - STAC mars 2007]

II.3. 4 Relations entre l'heure de pointe et le trafic annuel

▪ **Trafic Mouvements commerciaux**

Le trafic de mouvements commerciaux attendu à la 40e heure de pointe est lié au trafic annuel par Formule suivante :

$$tm=5 + 0.27Tm$$

Avec tm : trafic de la 40^{ème} heure ou heure de pointe caractéristique ;

Tm : nombre de mouvements commerciaux annuels compté en milliers

▪ **Trafic Passagers**

De même, le trafic passager à la 40 e heure de pointe peut être évalué approximativement par la relation suivante:

$$tp=400 + 315Tp$$

Avec tp : trafic de la 40^{ème} heure ou heure de pointe caractéristique

Tp : trafic de passagers annuel compté en millions.

❖ **Relation entre la 40^{ème} heure passagers et la 40^{ème} heure mouvements**

Le nombre de passagers par mouvement en heure de pointe passagers est supérieur à la moyenne annuelle du nombre de passagers par mouvement.

On peut relier ces heures de pointe par la relation :

$$tp = 1.15*n*tm$$

Avec

tp : nombre de passagers en heure de pointe passagers ;

tm : nombre de mouvements en heure de pointe mouvement ;

n : nombre moyen de passagers par mouvement sur l'année.

n = nombre de sièges * coefficient de remplissage

Avec coefficient de remplissage : 0.6 à 0.65 à 0.70

❖ **Exemple :**

On donne le trafic annuel passager : **Tp = 48 Millions de passagers**

➤ **Calculer :**

1. Nombre de passager en heure de pointe : **tp**

2. Le nombre de mouvement en heure de pointe : **tm**

3. Nombre de mouvement annuel : **Tm**

➤ **SOLUTION**

1. **tp** = 400 + 315. 48 = 15520 passagers /heure de pointe

2. **tm** = ? Avec $tp = 1.15 \times n \times tm$

on tire **tm** = 15520 / (1.15 x 265) = 50, 926

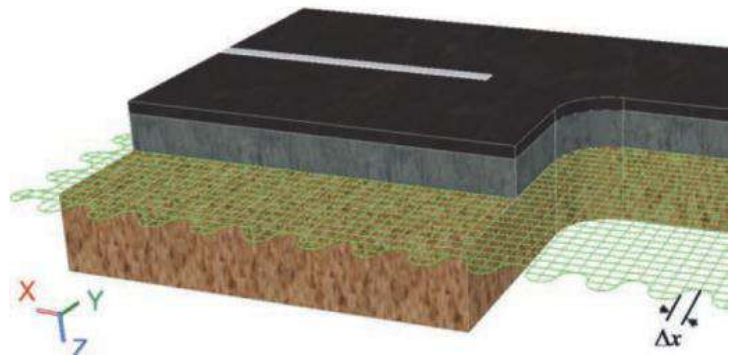
Donc m ≈ 50 mouvements en heure de pointe

3. **Tm** : nombre de mouvement annuel tiré de la relation : $tm = 5 + 0.27 \cdot Tm$

Donc Tm = 170,1 = 170100 Mouvements / an

CHAPITRE III.

CONCEPTION GENERALE DES AERODROMES



III. 1 INTRODUCTION

L'aérodrome est défini par le Code de l'Aviation civile dans son article R. 211-1 comme étant « **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** ».

L'aérodrome comprend deux parties principales ; l'aire de mouvement et les zones des installations.

L'étude et la conception génie civil d'un aérodrome désigne le calcul et le choix des différentes caractéristiques physiques et géométriques des éléments constituant l'aire de mouvement, en plus des servitudes et des aménagements spécifiques aux aérodromes.

Vu le caractère universel du transport aérien, Les diverses infrastructures ou superstructures doivent être aménagées selon les normes et les pratiques recommandées par une convention de l'Organisation de l'Aviation Civil International (**L'OACI**), pour assurer la sécurité des aéronefs d'une part et des personnes d'autre part.

III. 2 ACTIVITES D'UN AERODROME :

Un aérodrome peut être le siège de nombreuses activités telles que:

- Le transport aérien ;
- L'aviation de voyage ou d'affaires ;
- Aviation de tourisme, école de pilotage
- Entraînement des pilotes, travail aérien et certification d'aéronefs ;

- Le vol à voile ;
- Les activités militaires diverses, etc...

III.3 CLASSIFICATION DES AERODROMES :

On a deux types de classifications des aérodomes :

Une classification dimensionnelle : Ce classement est basé sur une ou plusieurs de ses caractéristiques géométriques de l'aérodomme :

- longueur de piste,
- largeur de bande, ou autre.

Une classification fonctionnelle : Seuls les types des activités, auxquelles l'aérodomme est destiné, comptent pour son classement.

III.3.1 Classification initiale de l'O.A.C.I.

A l'origine, l'OACI avait adopté dans l'annexe 14 à la convention de Chicago, une classification dimensionnelle basée sur la longueur de la piste principale de l'aérodomme, paramètre dont découlent toutes les autres caractéristiques dimensionnelles. Elle a repartie les aérodommes en cinq classes désignées par une lettre dite « *lettre d'identification* ».

Tableau III.1 : Identification des aérodommes.

lettre d'identification	A	B	C	D	E
Longueur de base de piste principale	2550 m et plus	2150 à 2550 m	1800 à 2150 m	2150 à 900 m	Moins de 900m

III.3.2 Nouvelle classification de l'O.A.C.I.

L'évolution de la technologie et les nouvelles conditions d'exploitation des avions ont amené l'O.A.C.I à repenser son système et à proposer à la conférence de navigation aérienne de Mai 1981 une nouvelle classification.

Il se base sur deux caractéristiques des avions appelés à utiliser l'aérodrome :

- l'une opérationnelle : la longueur de piste étant celle nécessaire au décollage au poids maximal certifié de l'avion le plus pénalisant en longueur de piste ;
- l'autre dimensionnelle : soit l'envergure, soit la voie du train principal suivant les avions.

La référence de longueur de piste est donnée par un nombre allant de **1 à 4**.

Le tableau ci-dessous regroupe 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.

Tableau III.2 : Code de référence d'aérodrome. [ITAC - Octobre 2001 - S-01]

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

***Le chiffre de code 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 ;**

III.3.3 Classification du code de l'aviation civile (la classification française)

La classification française est *fonctionnelle*. Elle repose sur la nature des liaisons que doivent assurer les aéronefs civils qui fréquentent l'aérodrome.

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 :

1- 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.

III.3. 4 Classification de l'I.T.A.C. (Instruction Technique sur les Aérodrômes Civils)

Dans l'objectif de donner des règles techniques au concepteur d'aérodrômes, l'I.T.A.C a défini des classes à l'intérieur d'une même catégorie, qui regroupent les aérodrômes de caractéristiques semblables.

Les classes d'aérodrômes à caractéristiques normales :

***Classe A** : Aérodrômes de catégorie A

***Classe B** : Aérodrômes de catégorie B

***Classe C** :

-**Classe C1** : aérodrômes destinés à l'aviation de voyage et aux lignes à faible trafic (aucune d'entre elles ne supportant un trafic supérieur à 15 000 passagers annuels),

-**Classe C2** : destinés aux lignes à grand et moyen trafic (l'une d'entre elles, au moins, supportant un trafic supérieur à 15 000 passagers par an),

***Classe D**:

- **Classe D1** : aérodrômes destinés à l'aviation légère,

- **Classe D2** : aérodrômes et destinés, principalement outre-mer, à certains services à courtes distances n'ayant pas d'exigences particulières de régularité,

- **Classe D3** : aérodrômes destinés à l'aviation légère mais équipés de manière à pouvoir être normalement utilisés en toutes circonstances.

III. 4 AIRE DE MOUVEMENT :

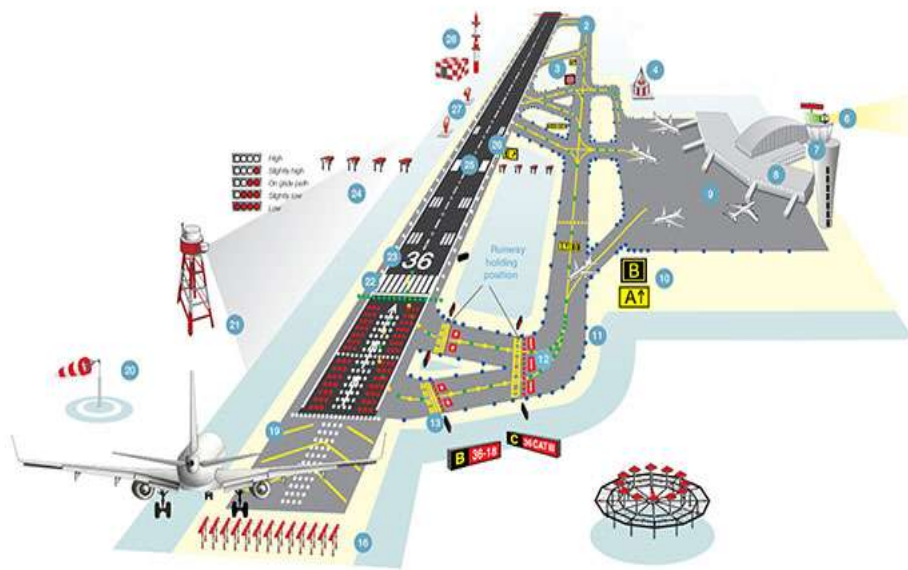


Figure III.1 : Une aire de mouvement

III.4.1 Constitution de l'aire de mouvement :

L'aire de mouvement d'un aéroport comprend l'ensemble des infrastructures aménagées destinées aux opérations d'atterrissage, de décollage et d'évolution des aéronefs lors de leurs mouvements au sol.

Elle se subdivise en 2 parties :

- l'aire de manœuvre ;
- les aires de trafic.

III.4.2 Aire de manœuvre :

- **La (ou les) piste(s).** Une aire aménagée sur un aéroport afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs.
- **Tiroir .**c'est la portion de piste comprise entre le seuil décalé et l'extrémité de la piste.
- **Prolongement d'arrêt.** Une partie de terrain coaxiale à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, de même largeur que celle de la piste. Ce prolongement est

aménagé de façon à permettre à un aéronef roulant au sol et à dépasser occasionnellement l'extrémité de la piste de pouvoir faire la manœuvre de décollage interrompue. Cette manœuvre est appelée manœuvre d'accélération-arrêt.

- **Prolongement dégagé.** Une partie de terrain, coaxiale à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, incorporant le prolongement d'arrêt s'il existe. Il ne présente aucun obstacle pouvant constituer un danger pour un aéronef volant à faible hauteur en fin de manœuvre de décollage. Lorsqu'elle est pourvue d'un corps de chaussée, la piste est dite revêtue. Elle peut alors comporter un ou plusieurs élargissements, dénommés raquettes de retournement. Elles facilitent le demi-tour et les manœuvres des aéronefs.
- **Abord de piste.** La partie du terrain jouxtant les côtés d'une piste revêtue (bords et extrémités) et ses prolongements d'arrêt éventuels, qui est aménagée de façon à limiter pour l'avion les conséquences d'une sortie de piste.
- **Accotement.** Les abords de piste peuvent être partiellement traités en accotements le long des bords de piste de façon à ce qu'un avion sortant accidentellement de la piste ne subisse pas de dommages structurels et que soient évitées les projections ou ingestions de corps étrangers par les groupes motopropulseurs.
- **La bande aménagée** Pour le cas d'une piste revêtue, la piste, les abords et le prolongement d'arrêt constituent globalement la bande aménagée.
- **La bande dégagée.** une aire rectangulaire, incorporant la bande aménagée, de même que, lorsqu'il existe, le prolongement dégagé, et ne comportant aucun obstacle pouvant présenter un danger pour un aéronef volant à faible hauteur.
- **L'aire de sécurité d'extrémité de piste.** une aire, adjacente à l'extrémité de la bande et extérieure à celle-ci, symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste et principalement destinée à réduire les risques de dommages matériels au cas où un aéronef atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste.

- **Les voies de circulation.** Les voies de circulation constituent un ensemble de voies reliant entre elles les différentes parties de l'aire de mouvement. Elles permettent aux aéronefs de circuler de l'une à l'autre de ces parties. On distingue :
 - L'entrée-sortie de piste permettant aux aéronefs d'accéder à la piste ou de la quitter ;
 - Les voies de relation permettant le déplacement des aéronefs entre les entrées-sorties de piste et les aires de stationnement. 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.
- **La voie de sortie rapide.** Elle est destinée à des aéronefs circulant à une vitesse élevée en fin d'atterrissage. Elle est conçue en conséquence d'une entrée-sortie de piste.
- **Le point d'arrêt ;** est la limite qu'un aéronef ne doit franchir que moyennant certaines précautions ou autorisations. Un point d'arrêt particulier constitue ainsi l'extrémité amont, en direction de la piste, d'une entrée-sortie de piste.
- **Une aire d'attente ;** peut notamment être aménagée à proximité d'un point d'arrêt précédant une entrée de piste. Elle permet à des aéronefs de s'immobiliser sans interdire la circulation d'autres aéronefs.
- **Les raquettes ;** sont des aires aménagées en forme d'un arc. Elles permettent aux avions de faire demi-tour. L'aménagement des raquettes est obligatoire lorsque l'aérodrome ne dispose pas de piste parallèle. On distingue :
 - La raquette d'extrémité qui se trouve aux extrémités de la piste d'envol. Elle est utilisée lorsque l'avion fait un manœuvre en vue de prendre la position de décollage ;
 - La raquette intermédiaire qui se trouve en un certain endroit de la piste d'envol. Elle est utilisée lorsque l'avion qui vient d'atterrir, veut aller à l'aire de stationnement ou bien lorsqu'un avion qui n'exige qu'une faible distance de décollage a besoin de faire demi-tour pour décoller.

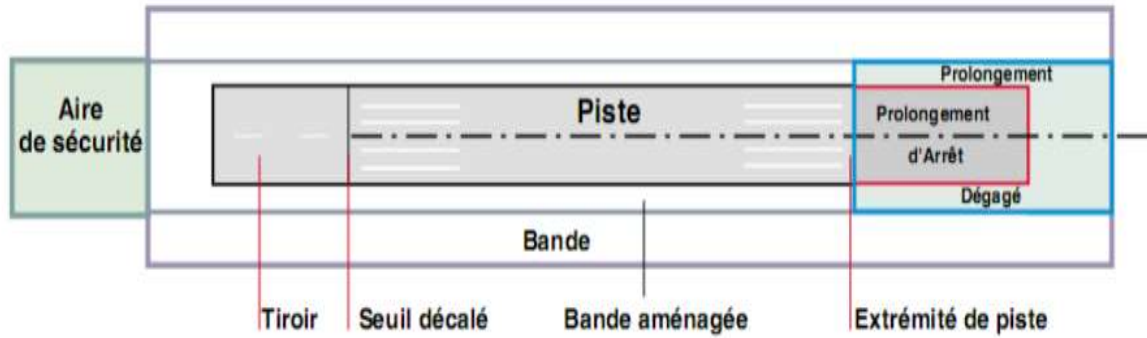


Figure III.2 : La piste, ses bandes et ses prolongements

III.4.3 Les aires de trafic :

L'aire de trafic est une aire ayant pour destination de recevoir les avions pour l'embarquement et le débarquement des passagers, de la poste et du fret ainsi que pour l'avitaillement, le garage, l'entretien ou la préparation au vol de ces avions. Elle comprend:

- Les voies de desserte bordant ou traversant les aires de stationnement ;
- Les aires de stationnement. Les aires de trafic peuvent se différencier suivant leurs fonctions en
 - **Aire de trafic d'aérogare passager** ; une aire destinée 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 le ravitaillement, l'entretien des avions ou pour charger et décharger le fret, la poste et les bagages ;
 - **Aire de trafic d'aérogare fret** ; adjacente à l'aérogare de fret ; qui est parfois prévue pour des avions ne transportant que du fret ou de la poste ;
 - **Aire de garage** ; est une aire destinée au stationnement des avions pendant les périodes où ils ne sont pas utilisés commercialement. L'aire de garage peut toutefois être mise à contribution en période de trafic de pointe et doit, par suite, être conçue en conséquence. Son équipement à cette fin peut, par contre, être simplifié ;

- **Aire d'entretien** ; aménagée sur les grands aéroports commerciaux en tête de ligne. La conception de cette aire est naturellement à examiner en liaison avec ces services.

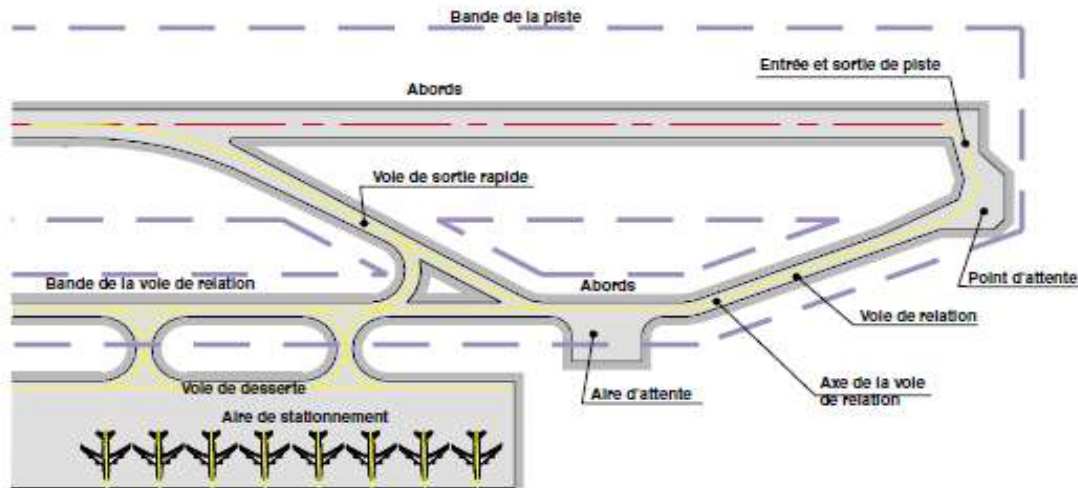


Figure III.3: Eléments constitutifs de l'aire de mouvement
[source: Dossier *TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR*]

III. 5 DIRECTION D'ENVOL « NOMBRE ET ORIENTATION »

De nombreux facteurs influent sur la détermination de l'orientation, de l'emplacement et du nombre des pistes. Le premier facteur important est *le coefficient d'utilisation* déterminé par le régime des vents. Les pistes devront autant que possible être orientées dans la direction des vents dominants.

Un autre facteur essentiel est *l'alignement de la piste* dont dépend l'élaboration de procédures d'approche conformes aux spécifications sur les surfaces d'approche. C'est-à-dire, les pistes doivent être orientées de telle façon que les avions ne survolent pas des zones à forte densité de population et évitent les obstacles.

III.5.1 Notion de fréquence d'utilisation

La régularité fondamentale du transport aérien conduit à aménager les aérodromes de telle manière que les circonstances qui les rendent impraticable soient peu fréquentes que possible. Comme par ailleurs la régularité absolue est très onéreuse sinon impossible, on est conduit à déterminer la fréquence d'utilisation qui représente la probabilité exprimée en pourcentage pour que l'atterrissage et le décollage soient possibles.

La fréquence d'utilisation d'un aérodrome ou plus précisément de sa piste s'établit à partir de l'analyse des données statistiques traduisant la récurrence des facteurs d'impossibilité dont on élimine les cas fortuits pour ne tenir compte que de ceux d'ordre climatique, en particulier ceux qui concernent les vents traversiers et la visibilité horizontale et verticale.

III.5.2 Notion de vent traversier

Le décollage et surtout l'atterrissage des aéronefs deviennent difficiles, voire dangereux, lorsque la composante du vent au sol suivant une perpendiculaire à l'axe de piste (*vent traversier*) devient supérieure à une valeur critique qui est caractéristique de l'aéronef et qui dépend principalement de sa vitesse d'approche.

$$V_t = V_{ap} \times \sin \alpha$$

Les manœuvres d'atterrissage ou de décollage deviennent dangereuses lorsque l'axe de l'avion fait ou tend à faire un angle important avec l'axe de la piste : $\alpha = 8$ à 10°

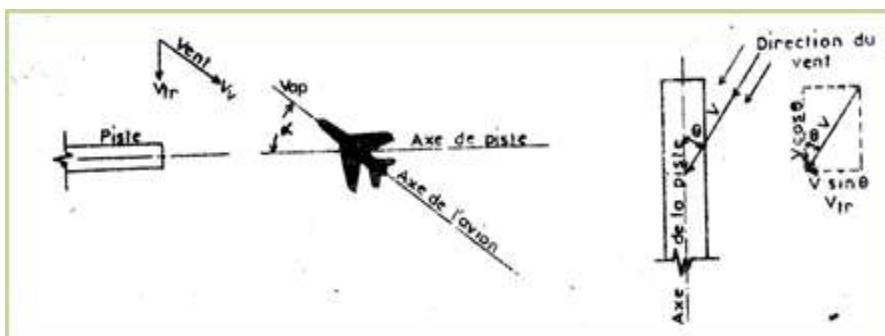


Figure III.4 : Vent traversier

Cette valeur critique indiquée dans le manuel de vol est plus ou moins élevée suivant le poids de l'appareil. Selon la classification des avions en 4 classes, la limite admissible du vent traversier est donnée par les valeurs suivantes fixées par l'O.A.C.I:

Tableau III.3 : Vents traversiers admissibles pour chaque catégorie ou classe d'aérodrome.

Aérodrome	Code chiffre	Vent traversier admissible
Catégorie A ≡ Classe A	4	13 m/s (26 nœuds)
Catégorie B ≡ Classe B et C2	3	10 m/s (20 nœuds)
Catégorie C ≡ Classe C1 et C2	2	7 m/s (14 nœuds)
Catégorie D ≡ Classe D1 et D3	1	5 m/s (10 nœuds)
1 noeud = 1 mille/h ⇒ 1m/s = 3,6km/h = 1,94 noeud.		

III.5.3 Coefficient d'utilisation d'une direction :

Pour chaque projet de construction ou d'aménagement d'aérodrome, des relevés météorologiques précis, portant sur cinq années au moins, donnant la force (exprimée en m/s ou en nœuds) et l'orientation des vents, mesurés selon plusieurs directions. Ces données permettent de déterminer le coefficient théorique d'utilisation de la piste (C) qui est la valeur, exprimée en pour-cent, du rapport du nombre d'observations favorables N' , pour lesquelles la vitesse du vent traversier reste inférieure à la vitesse limite sur le nombre total d'observations N , soit :

$$C = 100 * N'/N$$

N : nombre d'observations météorologiques avec mesure du vent (azimut, fréquence, intensité)

N' : Nombre de fois où la vitesse du vent était inférieure à la limite admissible.

C > 95% pour les aérodrômes importants.

D'autre part, il est recommandé de maintenir les coefficients d'utilisation C dus aux vents traversiers selon les valeurs suivantes :

Tableau III.4 : Coefficient d'utilisation d'une direction

Catégories	A	B	C	D
CU (%)	95	95	80	70

La nécessité de déterminer le coefficient d'utilisation d'une direction donnée exige la connaissance du régime des vents. Ce dernier résulte des observations météorologiques où l'OACI recommande :

- a. Les statistiques portent sur une période supérieure et au moins égale à 5 ans.
- b. La mesure du vent est faite conformément aux procédures de l'organisation Météorologiques Mondiale (OMM).
- c. Les observations soient effectuées au moins 8 fois / jour à intervalles réguliers.
- d. Dans la pratique les procédures de l'OMM conduisent à des mesures de vents de m/s en m/s suivant 16 directions.

III.5.4 Calcul du coefficient C et l'Orientation de la piste :

- Pour le calcul du coefficient d'utilisation, on utilise :

Exemple de *tableau des intensités* des 16 directions des vents. On remarque que les intensités varient de 1 à 21 m/s et les directions varient de 20 à 360° selon le tableau ci-dessous.

Tableau III.5: Tableau des vents de la station météorologique de Chartres

vent(m/s)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	TOTAL
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	*	0	0	*
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	*	0	0	*	0	0	*
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	*	0	0	*	0	0	*
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	*	0	0	*	0	0	*
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	0	*	0	0	*
16	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	0	*	*	0	*
15	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1
13	*	*	*	*	*	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	1	1	*	*	*	*	*	*	4
11	*	*	*	*	*	*	*	*	1	2	2	1	1	1	*	*	*	*	8
10	1	1	*	*	*	*	*	*	2	4	4	2	1	1	1	1	*	1	18
9	2	1	1	*	*	*	*	1	3	6	7	4	3	2	2	1	1	1	35
8	4	3	1	1	1	*	1	2	5	11	12	8	6	4	3	3	2	3	69
7	8	6	3	2	2	1	1	3	9	18	20	14	11	7	5	5	4	6	126
6	15	10	6	4	3	2	3	6	16	27	29	23	19	13	9	9	9	12	216
5	25	17	10	9	7	5	5	10	24	39	42	35	30	21	15	15	16	23	347
4	37	26	16	14	11	8	9	15	33	50	55	47	43	32	22	23	25	37	502
3	51	35	24	21	17	13	13	20	41	60	66	60	58	43	30	32	37	53	675
2	64	45	31	27	23	17	18	25	49	69	76	71	72	55	39	42	49	67	839
1	70	51	36	32	27	20	21	29	53	73	81	78	80	63	45	48	57	75	941

- **La rose des vents** : elle permet de donner une idée sur la direction du vent dominant, et d'orienter ainsi la piste suivant cette direction.

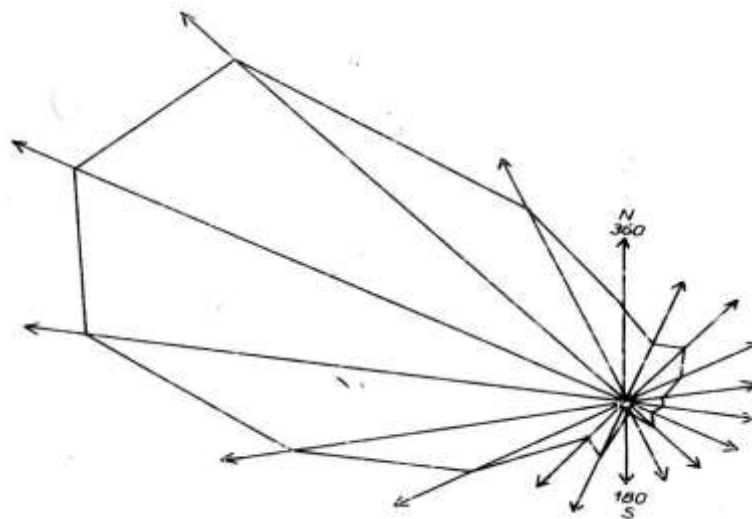


Figure III.5 : La rose des vents

- Le *graphique polaire vitesse-azimut-fréquence* : en faisant le produit vitesse du vent par le sinus de l'angle qu'il fait avec la direction d'envol étudiée, on obtient la valeur du *vent traversier*.

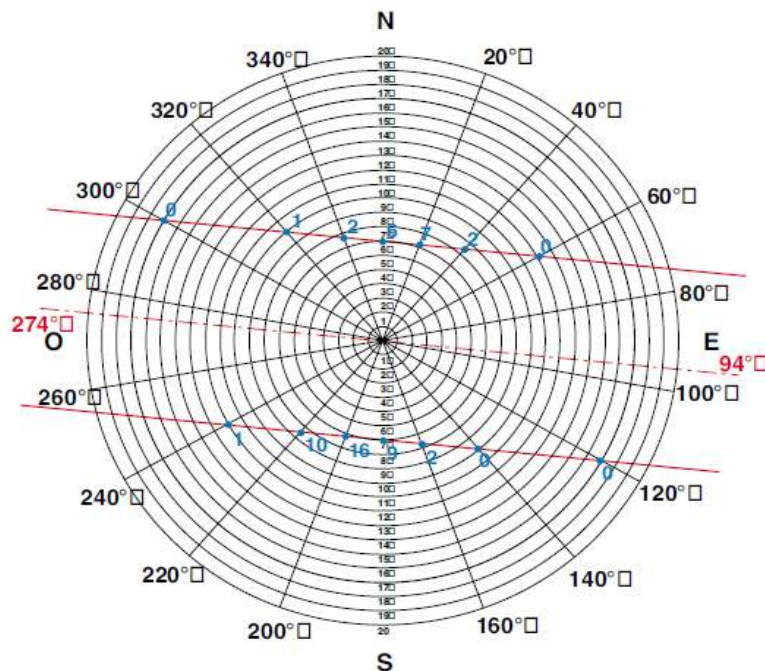
Il suffit alors de:

Compter le nombre de valeurs inférieures à la limite admissible, et de la diviser par le nombre total d'observations pour obtenir *le coefficient d'utilisation de la piste étudiée*

Ce calcul peut être effectué rapidement par divers procédés graphiques, tels que :

Le graphique polaire vitesse-azimut-fréquence sur lequel :

- Chacune des seize directions du vent est figurée par un rayon ;
- Les vitesses sont figurées de mètre/seconde en mètre/seconde par des cercles concentriques ;
- Les fréquences de vent observées sont notées par un nombre inscrit dans chaque trapèze curviligne vitesse-azimut.



Orientation géographique = Orientation magnétique (096°) - Déclinaison magnétique (2° W) = 94°

Figure III.6 : Graphe polaire vitesse-azimut-fréquence

Alors, l'analyse d'une direction d'envol en utilisant le graphique polaire, consiste à :

1 - tracé à partir du centre des cercles l'orientation choisie ;

2 - mener les tangentes au cercle correspondant à la force du vent traversier admissible 13,

10, 7 ou 5 m/s suivant la catégorie de l'aérodrome et parallèles à la direction d'envol choisie ;

3 - sommer les valeurs inscrites dans les trapèzes vitesse-azimut compris entre ces deux tangentes, soit le nombre N' de cas admissibles pour la direction considérée. Ces valeurs sont appelées " valeurs absorbées " ou " vents absorbés" ;

4 - connaissant le nombre d'observations total N, on en déduit le coefficient d'utilisation C

$$C = 100 * N'/N$$

III. 6 PISTES D'ENVOL :

La piste d'envol est une aire rectangulaire sur l'aérodrome, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des avions,

Dans le cas d'une piste revêtue, les abords de piste sont partis de terrain entourant la piste, aménagés de façon à limiter, pour l'avion, les conséquences d'une sortie de piste. Les accotements, qui en font partie, servent à éviter que les projections ou ingestions de gravillons ou autres particules solides par les groupes motopropulseurs n'endommagent pas l'avion lors de son roulage au sol.

III.6.1 Classification des pistes

On peut distinguer :

III.6.1.a Les pistes principales :

- Les plus longues de l'aérodrome ;
- Celles qui correspondent aux meilleurs dégagements ;
- Celles qui correspondent, si possible, à la direction ayant le meilleur coefficient d'utilisation;
- Celles qui sont normalement utilisées ;

par rapport à elles, qu'en premier lieu, sera déterminé l'emplacement des installations, notamment l'aérogare et les aires de stationnement, de manière que les parcours au sol des avions soient les plus courts possibles.

III.6.1.b Les pistes secondaires :

- celles utilisées lorsque la direction du vent ne permet pas l'utilisation de la piste principale ;
- celles utilisées lorsque des circonstances particulières rendent la piste principale indisponible (cas de brouillard par exemple) ;

Ces pistes sont plus courtes que la piste principale quoique de même catégorie.

On admet que la longueur de ces pistes secondaires soit de 10 à 20 % inférieure à celle des pistes principales correspondantes.

Elles peuvent exister sur le même aéroport et dans les aéroports de catégories inférieurs pour recevoir en plus aussi les avions de catégories inférieurs.

III.6.2 Caractéristiques Géométriques de la piste :

III.6.2.a Longueurs des pistes

Les principaux facteurs influant sur la longueur de piste :

- Les caractéristiques de performances et les masses opérationnelles des avions auxquels la piste est destinée;

- Les conditions météorologiques, particulièrement le vent et la température au sol;
- Les caractéristiques de la piste telles que la pente et l'état de la surface;
- Les facteurs relatifs à l'emplacement de l'aéroport, tels que l'altitude de l'aéroport (qui influe sur la pression barométrique) et les contraintes topographiques.

III.6.2.b Les procédures opérationnelles

❖ Décollage

Selon les recommandations de l'O.A.C.I. la longueur de piste sera déterminée de façon qu'un avion multi moteurs dont un de ses moteurs tombe en panne en cours de décollage doive pouvoir :

- soit, s'arrêter à temps ;
- soit poursuivre son décollage dans des conditions de sécurité suffisantes.

On ne considérera jamais en détail le cas où tous les moteurs marchent : il n'est pas le plus contraignant.

Il est clair que le cas le plus contraignant à prendre en considération est celui d'un bimoteur dont l'un de ses moteurs tombe en panne.

L'avion perd alors 50% de sa puissance disponible.

Lors d'un décollage, l'avion, partant d'une vitesse nulle (pt **A**), accélère jusqu'à ce que ses roues quittent la piste (pt **B**), puis atteint à une hauteur de **10.7** mètres (**35 ft**) au-dessus de la piste (pt **E**), une vitesse appelée " vitesse de montée initiale ", notée **V₂**

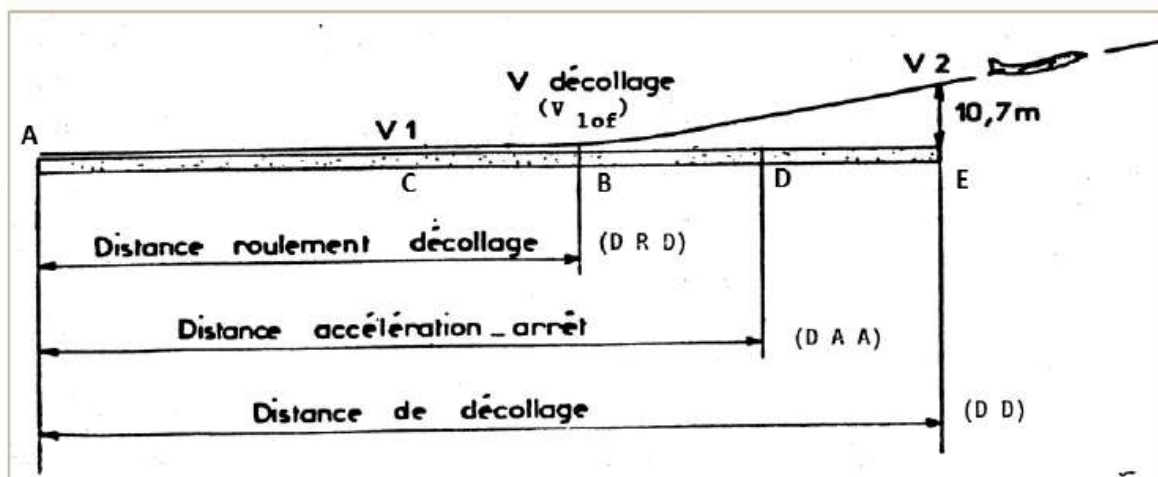


Figure III.7 : Procédure opérationnelle de décollage.

Cette vitesse V_2 étant la vitesse minimale à laquelle un pilote peut respecter la pente de montée minimale imposée par les règlements de certification avec un moteur hors fonctionnement.

Dans le cas de défaillance du moteur le plus critique au cours du roulement au décollage, le pilote aura deux possibilités :

- soit freiner pour s'arrêter ;
- soit continuer son décollage.

La décision à adopter dépend de la vitesse de décision V_1 (dite aussi vitesse critique), atteinte au point C (dit point critique), entre la mise en route au point A et le point B où la vitesse de décollage V_{Lof} est atteinte.

Cette vitesse V_1 est déterminée par le constructeur en fonction de :

- poids de l'avion ;
- la longueur de la piste ;
- la température ;
- la pression ;
- la pente de la piste.

Elle est déterminée par l'exploitant à partir des abaques. A chaque départ doit être connue en fonction des paramètres cités ci-contre.

— Si la vitesse de l'avion au cours du roulement au décollage est inférieure à la vitesse de décision V_1 le pilote doit freiner et pourra arrêter son avion sur la piste : c'est le cas de *l'accélération-arrêt*.

— si la vitesse de décision est dépassée le pilote doit poursuivre son décollage, soulever l'avion à la vitesse V_{lof} et il passera à 10.7 mètres au-dessus de l'extrémité de la piste à la vitesse V_2 .

La longueur de piste sera calculée en fonction de ces distances.

La vitesse de décision, influant sur la distance de décollage et accélération-arrêt, peut être choisie pour un avion donné de façon que la distance de décollage et la distance accélération arrêt soient égales : c'est le cas d'une piste équilibrée.

❖ Atterrissage

La distance d'atterrissage est la distance horizontale nécessaire pour atterrir et amener l'avion à l'arrêt complet à partir du point situé à 15 mètres (50 ft) au-dessus du seuil de piste.

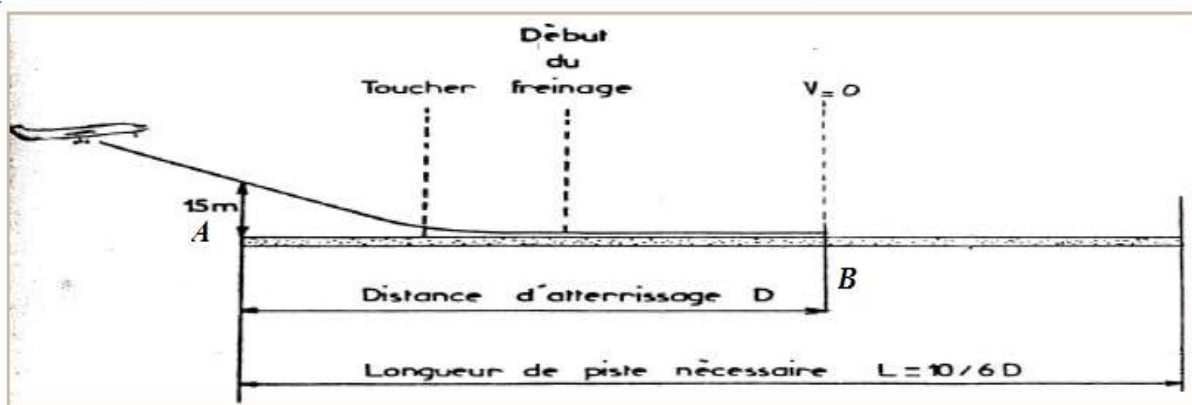


Figure III.8 : Procédure opérationnelle d'atterrissage.

Lorsqu'un avion va atterrir, il doit passer à 15 mètres (50 ft) au-dessus de l'origine de la piste (point A), faire un arrondi, se poser et freiner pour s'arrêter en un point B ($V = 0$)

La longueur AB est *la distance d'atterrissage*.

La longueur de piste nécessaire à l'atterrissage est égale à la *distance d'atterrissage multipliée par un coefficient de sécurité 1/0,6*:

Sur une piste mouillée, l'O.A.C.I. recommande même d'ajouter une marge de sécurité de 15 %.

Les conditions nécessaires pour que l'atterrissage s'effectue en toute sécurité sont :

- La masse de l'avion doit autoriser une manœuvre de remise de gaz ou d'atterrissage manqué, même avec un moteur en panne. Cette condition engendre des limitations de la masse en fonction de paramètres atmosphériques ;
- La masse de l'avion doit être inférieure à une certaine limite, pour des raisons de résistance mécanique de la cellule et du train au moment de l'impact, et d'échauffement des freins.

❖ Principe de calcul de la longueur de piste

La conception d'une piste nécessite de calculer les trois longueurs suivantes :

- ✓ la distance de décollage avec un moteur en panne ;
- ✓ la distance d'atterrissage ;
- ✓ la distance d'accélération-arrêt.

La longueur nécessaire pour une piste servant au décollage et à l'atterrissage sera la plus longue des trois.

❖ Facteur de correction :

La longueur de piste peut être déterminée à l'aide :

- Des caractéristiques de performances des avions ;
- De la longueur de base des pistes.

Ces longueurs correspondent aux longueurs nécessaires en conditions standard, c'est-à-dire :

- Des conditions normales de pression atmosphérique : 1013,2 millibars ;
- Des conditions normales de température : 15 °c au niveau de la mer ;
- Profil en long de la piste est horizontal.

Or les performances à l'atterrissage et au décollage d'un avion sont fonction de :

- La pression atmosphérique qui est fonction de l'altitude et de la température ;
- L'accélération possible qui est fonction de la pente de piste.

Donc ces longueurs doivent subir une correction. Il faut alors connaître tout d'abord le facteur de correction.

On définit *le facteur moyen de correction* N donnant la longueur réelle à construire dans un lieu donné (altitude, pression, température, pente donnée) à partir de la longueur de base où standard qu'il faudrait pour écouler le même trafic en atmosphère standard, au niveau de la mer, et avec une piste équilibrée horizontale.

La longueur réelle est la longueur de base corrigée selon les différentes situations :

$$L = l_0 \underbrace{\left(1 + \frac{N_1}{100}\right) \left(1 + \frac{N_2}{100}\right) \left(1 + \frac{N_3}{100}\right)}_N$$

Où :

L : longueur réelle.

l_0 : longueur de base.

N : *facteur de correction* qui tient compte de :

- L'altitude (coefficient **N1**),
- La température (coefficient **N2**),
- La pente de la piste (coefficient **N3**).

▪ **Correction de l'altitude (N1):**

Le coefficient de correction de l'altitude est déterminé par la formule suivante:

$$N1 = \frac{7 * h}{300}$$

h: altitude au-dessus de la mer exprimée en mètre du point moyen de l'aérodrome.
(7% d'augmentation par 300 m d'altitude l'aérodrome),

$$h = \frac{h_{max} + h_{min}}{2}$$

▪ **Correction de température (N2):**

Le coefficient de correction de température donné par la formule suivante :

$$N2 = T - t$$

La température T de référence de l'aérodrome est donnée par:

$$T = T_1 - \frac{T_2 - T_1}{3}$$

T1 : la température moyenne quotidienne du mois le plus chaud.

T2 : la température des maximums diurnes du mois le plus chaud.

La température *t* en atmosphère standard à une altitude h mètre est égale, en °C, à:

$$t = t_0 - 0,0065 \times h = 15 - 0,0065 \times h$$

- **Correction de pente (N3):**

$$N3 = 10 * p$$

p : la valeur absolue de la pente moyenne de la piste exprimée en (%) en divisant la différence d'altitude entre le point le plus haut (**Hh**) et le plus bas (**Hb**) de la piste par sa longueur de base moyenne (**LB**).

$$p = \frac{H_h - H_b}{L_B} \times 100$$

❖ **La largeur d'une piste**

La largeur d'une piste revêtue ne doit pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau suivant

Tableau III.6 : Largeurs de piste en fonction des codes chiffre et lettre

Code Chiffre	Code Lettre					
	A	B	C	D	E	F
1 (a)	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2 (a)	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Note : Les combinaisons de chiffres et de lettres de code correspondant aux largeurs spécifiées ont été établies en fonction des caractéristiques d'aéronefs types.

Les caractéristiques géométriques d'une piste (longueur, largeur, profils en long profil en travers) sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.7 : Récapitulatif des principales caractéristiques géométriques d'une piste.

	Code lettre						Code chiffre
	A	B	C	D	E	F	
LARGEUR DES PISTES							
<i>Piste équipée pour les approches de précision</i>	30 m	30 m	30 m	-	-	-	1
	30 m	30 m	30 m	-	-	-	2
	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-	3
	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m	4
<i>Piste revêtue équipée pour les approches classiques et à vue</i>	18 m	18 m	23 m	-	-	-	1
	23 m	23 m	30 m	-	-	-	2
	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-	3
	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m	4
<i>Piste non revêtue</i>	50 m	50 m	-	-	-	-	1 et 2
	80 m	80 m	-	-	-	-	Planeur
PROFIL EN LONG							
<i>Pente longitudinale moyenne</i>							
	2%	2%	2%	-	-	-	1
	2%	2%	2%	-	-	-	2
	1%	1%	1%	1%	-	-	3
	-	-	1%	1%	1%	1%	4
<i>Pente longitudinale ponctuelle</i>							
	2%	2%	2%	-	-	-	1
	2%	2%	2%	-	-	-	2
	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	-	-	3
	-	-	1,25%	1,25%	1,25%	1,25%	4
<i>Changement de pente longitudinale</i>							
	2%	2%	2%	-	-	-	1
	2%	2%	2%	-	-	-	2
	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	-	-	3
	-	-	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	4
<i>Rayon de raccordement minimum</i>							
	7 500 m	7 500 m	7 500 m	-	-	-	1
	7 500 m	7 500 m	7 500 m	-	-	-	2
	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	-	-	3
	-	-	30 000 m	30 000 m	30 000 m	30 000 m	4
<i>Hauteur au-dessus de la piste (Distance de visibilité)</i>	1,5 m	2 m	3 m	3 m	3 m	3 m	1, 2, 3, 4
PROFILS EN TRAVERS							
<i>Pentes transversales</i>	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1, 2, 3, 4

III. 7 VOIES DE CIRCULATION

III.7. 1. Définition

Les voies de circulation d'un aéroport sont désignées souvent par le terme TAXIWAY. Ce sont les parties de la surface de l'aéroport empruntées par les avions pendant leurs évolutions au sol.

Elles ont pour rôle la liaison entre les différents points de l'aéroport, afin de réduire au maximum le temps de roulage au sol des aéronefs, économie de carburant et gain de temps.



Figure III.9 : Voies de circulation

III.7. 2. Emplacement

Les voies de circulation doivent être placées de manière à permettre aux aéronefs de quitter ou d'accéder aux pistes aussi rapidement que possible. Ces points (d'accès ou de sorties) sont en général, placés entre le 1/3 et 1/4 de la longueur de la piste.

III.7. 3. Implantation des voies

Un appareil circulant sur une voie de circulation devrait respecter des dégagements de la bande de la piste qu'il dessert, sans nuire aux possibilités d'atterrissage ou de décollage sur la piste à laquelle la voie de circulation est associée. Cette condition permet de fixer l'emplacement entre piste et voies de circulations et entre les voies de circulation aux valeurs indiquées au tableau suivant :

Tableau III.8 : Distance de séparation minimale.

			Distance de séparation minimale (entre axes en m) selon la lettre de code				
			A	B	C	D	E
Voies de circulation parallèles			23,75	33,5	44	66,5	80
Piste aux instruments	Code	1	82,5	87	--	--	--
		2	82,5	87	--	--	--
		3	--	--	168	176	--
		4	--	--	--	176	182,5
Piste à vue	Code	1	37,5	42	--	--	--
		2	47,5	52	--	--	--
		3	--	--	93	101	--
		4	--	--	--	101	107,5

III.7. 4. Largeur des voies de circulation

- **Disposition**

Il est recommandé que La conception d'une voie de circulation soit telle que, lorsque le poste de pilotage des avions reste à la verticale des marques axiales de la voie de circulation, la distance minimale de dégagement entre les roues extérieures du train principale de l'avion et le bords de la voie de circulation ne soit pas inférieure aux distances spécifiées (les marges minimales) dites « écarts latéraux admissible » dans le tableau suivants :

Tableau III.9 : écart latéral admissible e_R .

<i>Code lettre</i>	<i>Dégagement e_R</i>
<i>A</i>	<i>1,5 m</i>
<i>B</i>	<i>2,25 m</i>
<i>C</i>	<i>3 m, si la voie de relation est destinée à des avions dont l'empattement est inférieur à 18 m ; 4,5 m, si la voie de relation est destinée à des avions dont l'empattement est égal ou supérieur à 18 m.</i>
<i>D</i>	<i>4,5 m</i>
<i>E</i>	<i>4,5 m</i>
<i>F</i>	<i>4,5 m</i>

- **Largeur de base –parties rectilignes :**

Il est recommandé que la largeur d'une partie rectiligne d'une voie de circulation soit au moins égale à la valeur fixé indiquée dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : largeur de voie de circulation L.

Code lettre	Largeur (L) des voies de relation
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m si la voie de relation est destinée aux avions dont l'empattement est inférieur à 18m (marge de 3 m), 18 m si la voie de relation est destinée aux avions dont l'empattement est égal ou supérieur à 18 m (marge de 4,5 m).
D (a)	18 m si la voie de relation est destinée aux avions dont la largeur hors tout du train principal est inférieure à 9 m 23 m si la voie de relation est destinée aux avions dont la largeur hors tout du train principal est supérieure ou égale à 9 m
E	23 m
F	25 m

La largeur d'une voie de circulation est donnée par la formule : $L = T + 2 * e_R$

T : largeur hors tout du train principal de l'avion le plus pénalisant.

e_R : écarts latéraux admissibles.

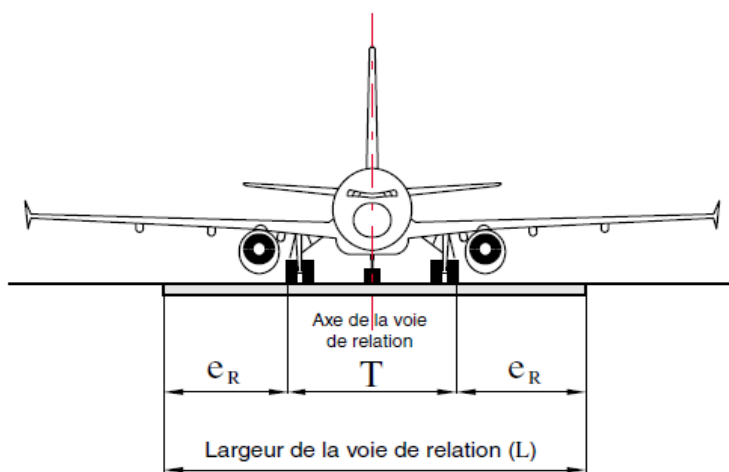


Figure III.10 : Détermination de la largeur d'une voie de circulation.

III. 8 AIRES DE STATIONNEMENT

III.8. 1 Définition

Les aires de stationnement font partie de l'aire de mouvement, elles comprennent les aires de trafic, et dans certain cas des aires de garage et des aires d'entretien. .



Figure III.11 : Aire de stationnement et la nouvelle aérogare -aéroport d'Alger-

III.8. 2 Organisation de l'aire de stationnement

Les principaux concepts de base pour l'ensemble aérogare-aires de trafic sont des configurations architecturales et fonctionnelles qui définissent l'organisation spatiale et opérationnelle d'un aéroport. Ces concepts visent à optimiser le flux des passagers, des bagages et des aéronefs entre l'aérogare et les aires de stationnement des avions. Il existe quatre concepts fondamentaux, chacun ayant ses propres caractéristiques et avantages:

- **Concept linéaire** : Dans cette configuration, les avions sont alignés directement au contact de l'aérogare. Ce concept offre les avantages suivants:

- Simplicité et clarté pour les passagers
- Distances de marche réduites

- Facilité d'extension linéaire de l'aérogare

Cependant, il peut limiter le nombre de postes de stationnement d'avions disponibles pour une longueur donnée d'aérogare.

- Concept jetée : Cette configuration présente les caractéristiques suivantes:

- Les avions sont rangés de part et d'autre d'une ou plusieurs jetées issues de l'aérogare principale
- Permet d'augmenter le nombre de postes de stationnement au contact
- Offre une flexibilité pour accueillir différentes tailles d'aéronefs

L'inconvénient principal peut être l'augmentation des distances de marche pour les passagers dans les jetées les plus longues.

-Concept satellite : Le concept satellite se distingue par:

- Un ou plusieurs bâtiments satellites construits au centre d'une aire de stationnement, à distance de l'aérogare principale
- Les avions stationnent autour du satellite
- Liaison entre l'aérogare principale et les satellites généralement assurée par des systèmes de transport automatisés

Ce concept permet une utilisation efficace de l'espace et une séparation claire des flux de passagers et d'aéronefs.

-Concept transbordeur : Cette approche innovante implique:

- Des véhicules spéciaux (transbordeurs) qui effectuent le transport des passagers entre l'aérogare et les portes des avions
- Les avions stationnent sur des postes éloignés de l'aérogare

- Grande flexibilité opérationnelle et possibilité d'utiliser efficacement l'espace disponible

Ce concept peut réduire les coûts d'infrastructure mais nécessite une gestion logistique complexe des véhicules transbordeurs.

-Il est important de noter que dans la pratique, ces concepts de base se combinent souvent, en particulier dans les grands aéroports à fort trafic. Cette approche hybride permet de tirer parti des avantages de chaque configuration et de s'adapter aux contraintes spécifiques du site et aux besoins évolutifs du trafic aérien.

La figure suivante schématise les *quatre principaux concepts de base* pour l'ensemble aéro-gare-aire de trafic :

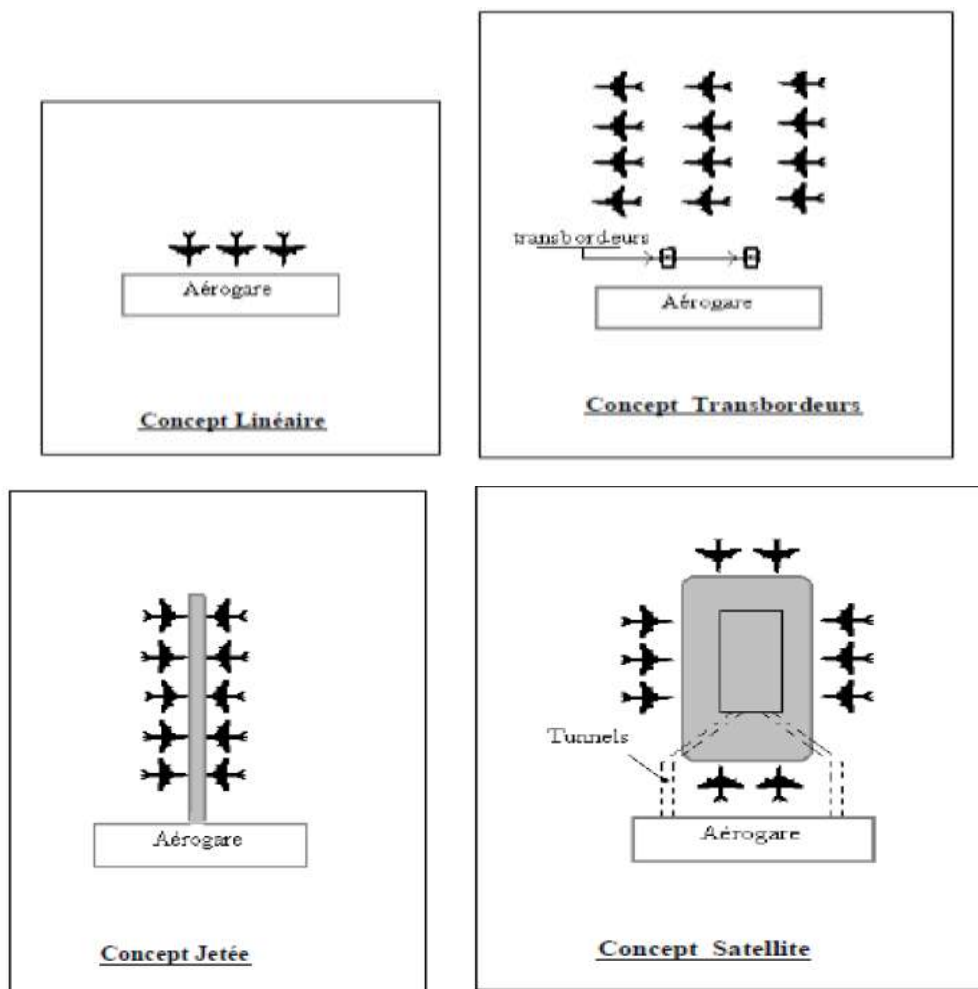


Figure III.12 : Concepts de stationnement des avions.

III.9 STRUCTURE DES CHAUSSEES AERONAUTIQUES:

III.9.1. La constitution de la chaussée aéronautique

Les chaussées aéronautiques doivent présenter des qualités d'usage identiques à celles des chaussées routières mais elles supportent des sollicitations très variables tant en intensité qu'en nombre (selon les zones de circulation et de manœuvre, et selon l'importance des aérodromes). Cette différence de conception se traduit principalement par un choix différent des caractéristiques des constituants et de formulation, ainsi que par une adaptation des modalités de mise en œuvre et de contrôle.

La chaussée est constituée en général des couches suivantes à partir du sol support :

- **Couche de forme** : afin d'améliorer et d'uniformiser la portance du sol, on est amené à interposer entre le sol support et les couches de chaussées, un élément de transition qui peut être constitué soit de matériaux grenus roulés ou concassés, soit de matériaux traités au liants hydrauliques. elle peut servir aussi au nivellement et assure la traficabilité du chantier.
- **Une sous couche** : qui joue un rôle anticapillaire et anti contaminant.
- **Couche de fondation** : assure un support à la couche de base et permet son bon compactage, elle participe à la répartition des contraintes sur le sol support.
- **Couche de base** : apporte à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour reprendre les contraintes verticales. Elle répartie les pressions sur le sol support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles. Il est conseillé d'utiliser des matériaux hydrocarbonés pour la couche de base. Elle constitue aussi une bonne assise pour la couche de surface.
- **Couche de roulement ou de surface** : Elle joue un rôle structurel. Généralement constituée d'un béton bitumineux aéronautique de granulométrie

0/10 0/14, continu ou discontinu. La qualité première recherchée pour une couche de surface est l'imperméabilisation optimale de la chaussée puis un bon uni et la rugosité.

III.9. 2. Les types de chaussées aéronautiques:

Il existe quatre sortes de chaussées aéronautiques :

- ***Les chaussées souples*** : comportent des matériaux traités ou non aux liants hydrocarbonés.
- ***Les chaussées semi rigides*** : la couche de base est traitée aux liants hydrauliques.
- ***Les chaussées rigides*** : la couche de base et la couche de roulement sont confondues (dalle en béton ciment).
- ***Les chaussées composites*** : Elles sont inutilisées pour les chaussées neuves et résultent en général du renforcement d'une ancienne chaussée rigide par une chaussée souple.

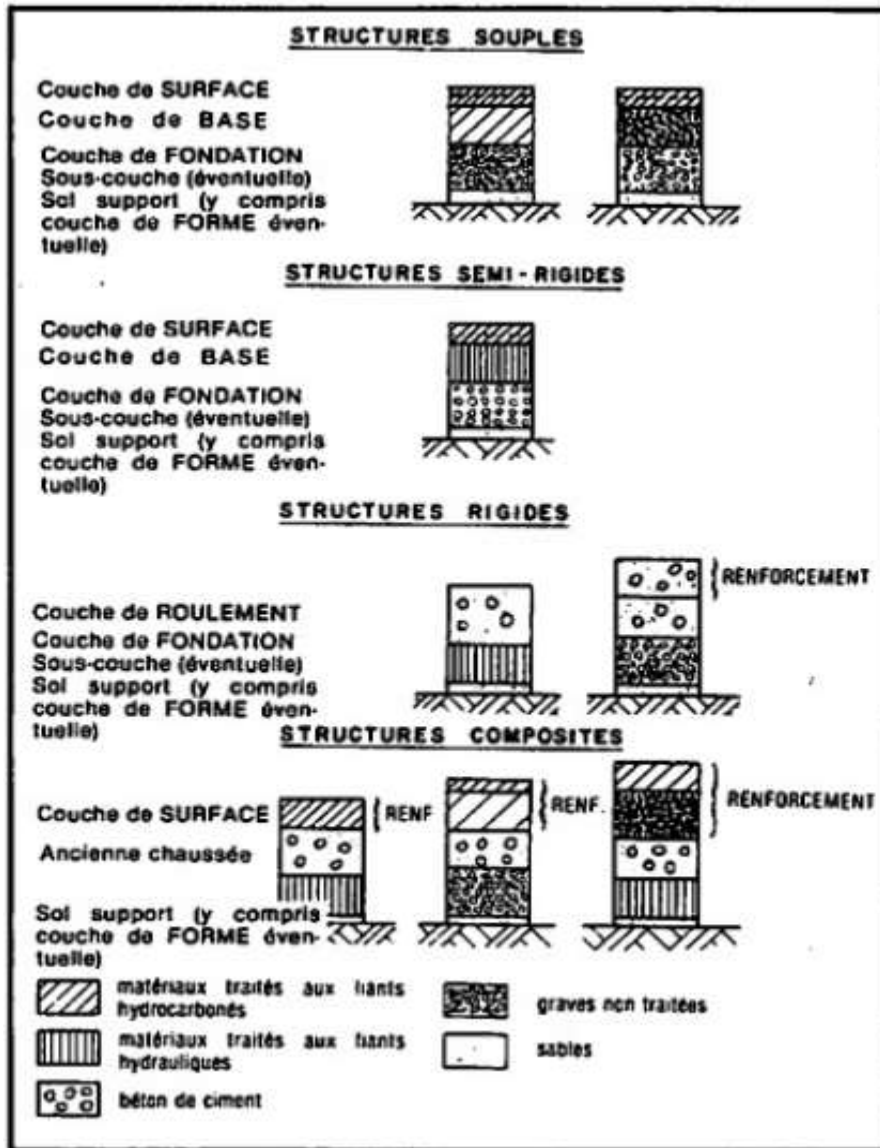


Figure III.13 : Structures types des chaussées aéronautiques

III.9. 3. Choix d'un type de chaussée:

Le choix du type de chaussée résulte de considérations techniques et économiques et dépend d'un grand nombre de paramètres :

- Conditions climatiques ;
- Conditions locales d'approvisionnement en matériaux;
- Sol support ;
- Coût de réalisation ;
- Trafic des avions au sol ;

- possibilités d'entretien convenable et peu coûteux,
- délais d'exécution,
- possibilités de phasage des travaux,
- problèmes techniques de renforcement et technicité des entreprises, ...

➤ *La chaussée rigide*, dont le renforcement est toujours difficile et coûteux, convient plutôt mieux aux aéroports à fort trafic qui sont obligés d'avoir des pistes dimensionnées pour un trafic très important et qui disposent d'une deuxième piste permettant de délester la première durant les travaux de renforcement. Ce type de revêtement convient également mieux sur les aires recevant de fortes contraintes de poinçonnement (postes de stationnement des avions gros porteurs) et sur certaines aires militaires sur lesquelles un revêtement hydrocarboné serait exposé au risque de brûlure sous l'effet du dégagement des gaz des réacteurs d'avions militaires (phase de postcombustion sur les seuils de piste ou roulage à faible vitesse).

➤ *La chaussée souple* est plus économique, plus facile à renforcer et bien adaptée aux faibles trafics : elle peut être conçue relativement mince. Pendant les premières années de fonctionnement de l'aéroport, puis être renforcée au fur et à mesure de l'apparition d'avions plus lourds ou de l'augmentation du trafic.

III.9. 4. Le choix d'une constitution de chaussée

Le choix d'une constitution de chaussée est basée sur des règles structurelles, de construction et de protection. La conformité avec ses trois règles se traduit par l'adoption des dispositions suivantes en matière de choix d'une constitution de chaussée.

- **les chaussées souples :**

Couches	Composition	Matériaux	Abréviation	Epaisseurs minimales (cm)
Couche de roulement	Matériaux traités aux liants hydrocarbonés	Béton bitumineux	BB	5
Couche de base	Matériaux traités aux liants hydrocarbonés	Grave -bitume	GB	10
Couche de fondation	Matériaux non traités	Grave Non- traité	GNT	20

- les chaussées rigides :

Couches	Composition	Epaisseurs minimales (cm)
Couche de surface (roulement) + Couche de base	Dalle en béton de ciment	15
Couche de fondation	Grave traités aux liants hydraulique	20

III.9. 5. Notion de L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est définie comme étant l'épaisseur réelle constituée par un matériau de référence qui est la grave non traitée concassée et graduée et qui a un module d'élasticité égal à 500 Mpa. Cette épaisseur est déterminée par la méthode CBR.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est-elle égale à la somme des épaisseurs équivalentes de ses différentes couches.

L'épaisseur équivalente d'une couche de chaussée soit égale au produit de l'épaisseur réelle, qui lui est attribuée, par un **coefficient d'équivalence**

Les valeurs des coefficients d'équivalence des principaux types de matériaux pouvant entrer dans la constitution d'un corps de chaussée souple d'usage aéronautique sont les suivantes :

Tableau III.11 : coefficient d'équivalence

Matériaux	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux à module élevé	2.5
Béton bitumineux standard	2
Grave bitume standard	1.5
Grave traitée aux liants hydrauliques (ciment...)	1.5
Grave concassée non traitée bien graduée	1.0
Grave roulée	0.75
Sable	0.5
Sable traité aux liants hydrauliques (ciment...)	1.0

III.9. 6. Dimensionnement des chaussées:

Caractéristiques utiles pour le dimensionnement des aérodromes:

a. La masse des avions:

- Parmi les masses remarquables fournies par les constructeurs d'avions et dont connaissance est utile pour le dimensionnement figurent :
- La masse maximale au roulage.
- La masse maximale au décollage.
- La masse maximale à l'atterrissage.
- La masse à vide.

b. Les atterrisseurs:


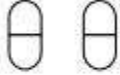

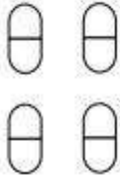
L'atterrisseur est constitué par l'ensemble des roues montées sur une même jambe. L'ensemble des atterrisseurs constitue le train d'atterrissage. L'atterrisseur principal est l'ensemble composé en général des atterrisseurs principaux gauche et droit.

On distingue plusieurs configurations des trains d'atterrissage principaux :

V : voie ; distance entre deux roues d'un même essieu.

E : empattement ; distance entre l'essieu avant et l'essieu arrière.

Tableau III.12 : Types et caractéristiques des atterrisseurs.

Géométrie	Type d'atterrisseur	Exemples	v	E	Masses Supportées	Pression de gonflage des pneumatiques
	Roue simple	Avions légers	-	-	Jusqu'à 5t	0.3 – 0.6 Mpa
	Jumelage Ou Diabolo	Avions légers Court et moyen courrier	50-90 cm	-	5 à 40t	0.6 – 1.2 Mpa
	Tandem	- Avions militaires (configuration rare)	-	130-170 cm	10 à 20t	0.4 – 0.8 Mpa
	Boggie	Tous types sauf avions légers principalement long courrier	10 -140 cm	100-180 cm	20 à 90t	1 – 1.6 Mpa

c. Répartition de la masse sur les atterrisseurs:

La répartition totale de la masse d'un avion entre l'atterrisseur secondaire (avant) et les atterrisseurs principaux (arrière) est fonction du centrage de l'avion c'est-à-dire de la position du centre de gravité et on admet en général que 93 % à 95 % de la masse de l'avion sont distribués sur les atterrisseurs principaux. La charge réelle à considérer dans les calculs est définie par la formule suivante:

$$P = M \times V$$

M : Masse au roulage de l'avion.

V : Pourcentage de la masse supportée par chaque atterrisseur du train principal.

Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.

La masse des avions intervient dans les calculs sous forme d'une charge par atterrisseur. Une distinction par zone de l'aire de mouvement est à faire car si, sur certaines parties de l'aire de mouvement, le passage d'un avion est accidentel (parties latérales de la piste, prolongement d'arrêt), les avions sollicitent les matériaux de chaussées avec des vitesses différentes selon les aires.

Lorsque l'avion est à l'arrêt (aire de stationnement), la sollicitation est plus forte que lorsqu'il circule à faible vitesse (voies de relation, extrémités de piste) et, a fortiori, que lorsqu'il se déplace rapidement (piste dans les phases de décollage et d'atterrissage), la charge étant alors réduite par la sustentation des ailes.

La charge réelle pondérée P' à considérer dans le calcul est :

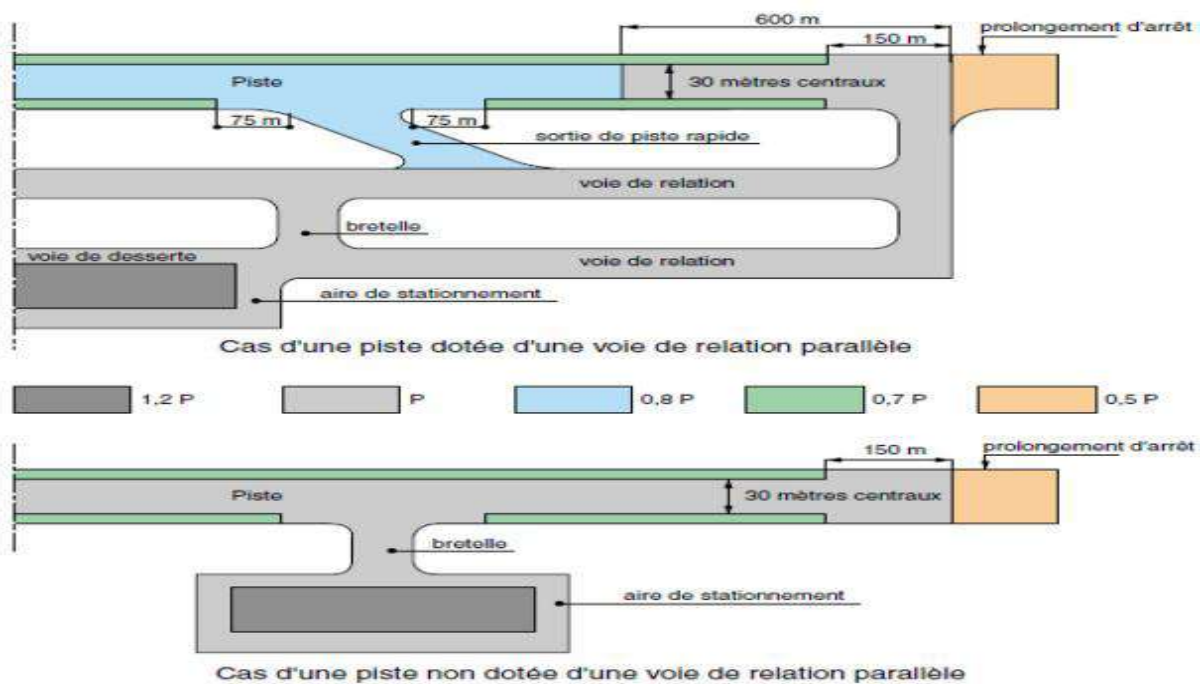


Figure III.14: Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.

d. Le trafic

Pour le dimensionnement un mouvement réel d'avion représente son passage sur une chaussée par l'intermédiaire d'un atterrisseur lors d'une manœuvre (décollage, atterrissage, roulage).

Les espacements minima à respecter entre avions à l'approche ou au décollage, déterminent le nombre de mouvements maximum à l'heure pour une piste donnée.

Dans les méthodes de dimensionnement, on considère que le nombre de mouvements lourds ne dépasse pas une dizaine par jour.

III.9. 7. Méthode de dimensionnement des chaussées aéronautiques

Il existe deux méthodes de dimensionnement :

III.9. 7.1 . Méthode de dimensionnement optimisée :

Cette méthode prend en compte *tous type d'avion* devant produire un effet significatif sur la chaussée *durant sa durée de vie*.

Le dimensionnement optimisé se fait en fonction du nombre exact de mouvements réels de chaque avion pour la durée de vie envisagée.

Cette méthode multicouche ou rationnelle permet d'optimiser l'épaisseur des différentes couches de la structure (base, fondation) en tenant compte des sollicitations réelles produites par plusieurs types d'avions pendant la durée de vie de la piste ou de la chaussée.

Elle est recommandée dans les cas suivants:

- Lorsqu'on considère plusieurs types d'avion presque aussi contraignants les uns que les autres (cas des aérodromes importants).
- Lorsqu'on dispose de prévisions de trafic suffisamment fiables et précises sur toute la durée de vie envisagée pour la chaussée.

- Lorsqu'on veut comparer l'action de différents avions sur la chaussée.

Données nécessaires :

- La masse au décollage et la masse à l'atterrissage pour chaque avion considéré.
- Les prévisions du trafic pour chaque avion considéré.
- Le CBR du sol support (pour le dimensionnement des chaussées souples).
- Le module de réaction K de la fondation et la contrainte admissible de flexion du béton (pour le dimensionnement des chaussées rigides).

III.9. 7.2 .Méthode de dimensionnement forfaitaire :

Le dimensionnement forfaitaire des aérodromes est une approche simplifiée qui ne prend en compte que *la charge de référence* correspondant à *la charge maximale de l'avion* réputé le plus contraignant destiné à fréquenter l'aérodrome (Un seul type d'avion).

La méthode établit l'épaisseur de la chaussée en fonction de cette charge unique sans tenir compte des variations de trafic ou des charges multiples, soit *dix (10) mouvements* par jours pendant une période de *dix (10) ans* de la charge de calcul.

La méthode forfaitaire est beaucoup plus recommandée dans les cas suivants:

- Étude d'un aérodrome sur lequel évolue un type d'avion nettement plus contraignant que les autres ;
- Étude préliminaire en l'absence de prévisions fiables de trafic.
- Étude d'une chaussée rigide (la précision de la méthode est généralement suffisante) ;

Données nécessaires :

- La charge normale de calcul P" correspondant au trafic normal (charge appliquée 10fois par jour pendant 10 ans).

- Le CBR du sol support (pour le dimensionnement des chaussées souples).
- Le module de réaction K de la fondation.
- la contrainte admissible de flexion par traction du béton (pour le dimensionnement des chaussées rigides).

Cette méthode est souvent utilisée comme méthode de base ou dans des cas où les ressources pour un dimensionnement complexe manquent, ou pour des projets de moindre envergure où un dimensionnement plus économique est souhaité.

III. 10 . DETERMINATION DE LA CHARGE ADMISSIBLE D'UN AERODROME

La charge admissible d'un aéroport correspond à la charge maximale qu'une chaussée ou une piste peut supporter sans subir de détériorations importantes. Son évaluation se fait à partir des caractéristiques de la chaussée et du trafic envisagé, en utilisant des abaques et formules normalisées qui prennent en compte la charge sur chaque atterrisseur pour un trafic normal (10 mouvements/jour sur une période de 10 ans).

Cette charge est souvent exprimée dans le cadre de la méthode **ACN-PCN** (Aircraft Classification Number - Pavement Classification Number), où :

- L'**ACN** représente la charge réelle appliquée par un avion,
- Le **PCN** est la charge admissible de la piste.

La méthode **ACN/PCN** est un système international normalisé recommandée 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.

Pour qu'un avion soit admissible à un aéroport, **son ACN ne doit pas dépasser le PCN de la piste ou de la chaussée**. Si l'ACN est supérieur, des restrictions ou des études complémentaires sont nécessaires.

a. 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 :

Exemple 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.

Un PCN est publié dans les cartes AIP pour exprimer la résistance des chaussées. La codification qui accompagne cette publication renseigne sur les caractéristiques de la manière suivante :

Tableau III.13. Les caractéristiques principales utilisées dans la méthode PCN

Type de chaussée (*)	Souple Rigide	
	F	R
Catégorie de résistance du sol support	Elevée	A
	Moyenne	B
	Faible	C
	Ultra faible	D
Pression maximale q_0 des pneumatique	Pas de limite	W
	$q_0 = 1,5 \text{ Mpa}$	X
	$q_0 = 1 \text{ Mpa}$	Y
	$q_0 = 0,5 \text{ MPa}$	Z
Base d'évaluation	Technique par expérience	T
		U

b. L'ACN : AIRCRAFT CLASSIFICATION NUMBER

Cet autre paramètre représente « l'agressivité » d'un aéronef sur une chaussée. Il est déterminé, conformément à certaines procédures normalisées, par les constructeurs aéronautiques. Cet ACN est publié sous la forme simplifiée suivante :

Tableau III.14. Exemple de la méthode ACN d'un airbus A321-100

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

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

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

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 de la **Figure III.15**), 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.

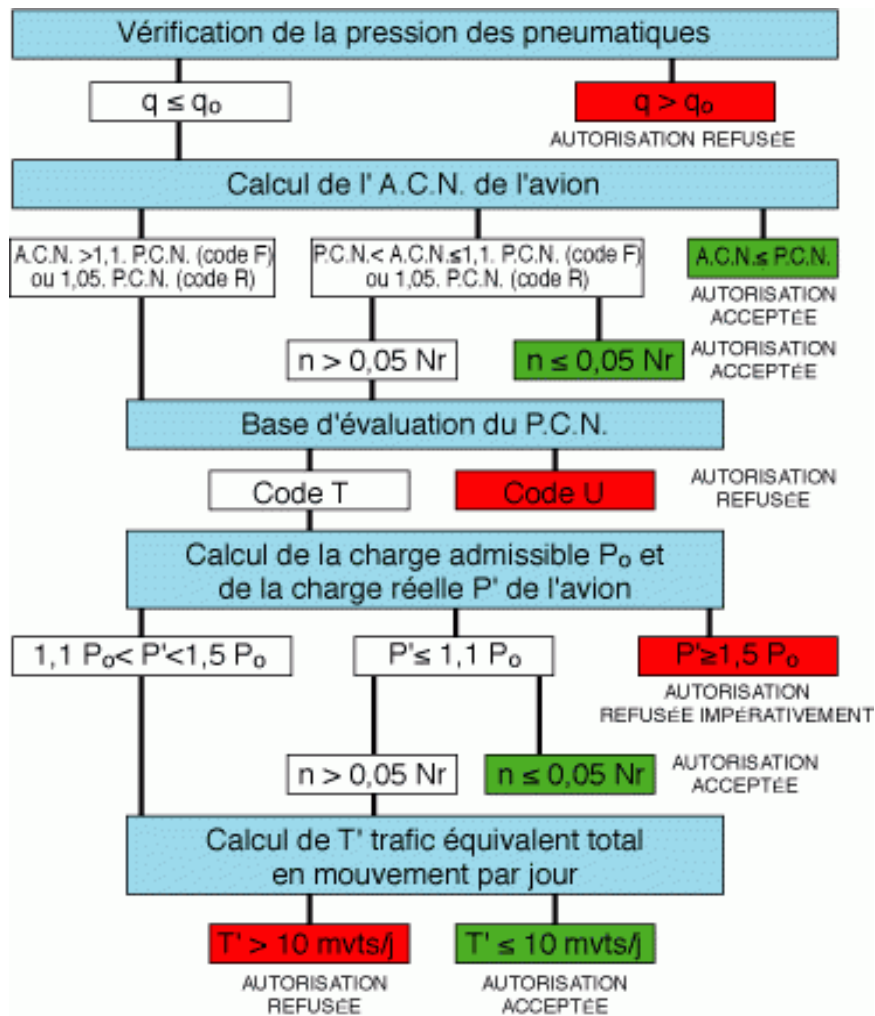


Figure III.15. Algorithme de la méthode ACN-PCN

• **Exemple Détaillé (Chaussée Souple)**

Données : CBR=6, e=73 cm, CF=1 (piste), avion critique A300-B4 (m max=157 t, m min=88 t, ACN CBR6 : 27-62).

- **PCN approché (abaque/formule CBR) :** P_0 RSI (0,6 MPa)=24 t → PCN=47 F/C/W/T
- **Charge admissible A300-B4 :** Interpolation ACN=47 → masse totale $P_0=131$ t (atterrisseur principal).
- **PCN optimisé (trafic : 1 rot./j A300 + autres mineurs) :** $P_0=133$ t → PCN=50 F/C/W/T (A300 représente 98% trafic équivalent).

Vérification admissibilité : Pour A321 à 60 t (ACN=31 <50), admissible sans restriction ; à 75 t (ACN=40 <50), admissible.

Tableau III.15. Comparaison de Méthodes

Méthode	PCN	Charge Totale Adm. (A300-B4)	Code Publié
Approché	47	131 t	47 F/C/W/T
Optimisé	50	133 t	50 F/C/W/T

- Cet exemple illustre le calcul pour trafic normal (10 mvt/j, 10 ans) ;

CHAPITRE IV.

ASSAINISSEMENT DES AERODROMES



IV.1. INTRODUCTION

Tout ouvrage nécessite un système d'assainissement pour assurer sa pérennité. L'assainissement des aérodromes représente un défi opérationnel, environnemental et sécuritaire majeur dans le secteur aéroportuaire contemporain. La conception, la gestion et l'évolution des systèmes d'assainissement doivent répondre à des exigences multiples : garantir la sécurité des opérations aériennes, respecter des normes environnementales de plus en plus strictes, et maîtriser les coûts.

Le réseau d'assainissement pluvial et de drainage d'un aérodrome consiste à :

- La collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement afin d'éviter les risques de dérapage des avions ;
- Éviter le ravinement et la stagnation d'eaux sur les bandes aménagées et les plates-formes ;
- La protection des corps de chaussée et de leurs fonds de forme contre les eaux d'infiltration et celles en provenance de la nappe phréatique ainsi que l'évacuation des unes et des autres.

Les dangereuses conséquences d'un réseau d'assainissement et de drainage mal conçu ou mal réalisé peuvent être :

- ✓ L'arrêt possible du trafic aérien par suite d'une accumulation excessive d'eau sur les chaussées induisant elle-même le phénomène d'aquaplanage,
- ✓ La détérioration rapide de corps de chaussée ou la chute de portance que l'excessive teneur en eau du sol support peut entraîner,
- ✓ La mise en charge du réseau,
- ✓ L'impraticabilité d'une piste non revêtue par temps humide.

IV.2. ETUDE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT AEROPORTUAIRE:

La conception du réseau d'assainissement exige une étude rigoureuse des eaux superficielles et souterraines sur l'ensemble de l'aérodrome, tenant compte des

différents bassins versants qui alimentent le réseau et les possibilités d'évacuation hors de l'emprise.

❖ *Pour les eaux superficielles*

- Une étude des cours d'eau et exutoires naturels aux abords de l'aérodrome
- La délimitation des différents bassins versants hors et sur l'emprise de l'aérodrome dont les eaux devront être, soit évacuées ou déviées sur les cours d'eaux existants.

❖ *Pour les eaux souterraines*

- Un sondage aux emplacements choisis de façon à déterminer la cote moyenne de la nappe phréatique.
- Une implantation des divers ouvrages de drainage sur l'emprise de l'aérodrome et à l'extérieur s'ils sont nécessaires.

En fonction de la nature des eaux à évacuer, l'étude du système d'assainissement d'un aérodrome se décline en trois volets :

IV.2.1. RESEAU D'ASSAINISSEMENT SUPERFICIEL :

IV.2.1.1. Dispositifs de collecte

Les aérodromes nécessitent des systèmes efficaces de collecte et de gestion des eaux pour assurer la sécurité des opérations aériennes et protéger l'environnement. Ces dispositifs sont essentiels car la présence excessive d'eau sur les surfaces aéroportuaires peut diminuer l'adhérence des aéronefs, augmenter les distances d'atterrissage et de décollage, et compromettre la longévité des chaussées.

Les dispositifs de collecte des eaux provenant des surfaces sont généralement placés aux points les plus bas des profils en travers des chaussées. On distingue deux types :

- **Dispositifs de collecte discontinue** : il s'agit des regards d'absorption espacés de 20 à 30 m, et connectés entre eux soit:
 - a. par un collecteur courant sous chaussées (des pistes ou des voies de circulation),
 - b. Par à un collecteur courant latéral,
 - c. Par un système intermédiaire, reliés sous le revêtement par une canalisation de faible section qui évacue les eaux dans un collecteur latéral.



Figure IV.1 : Dispositifs de collecte discontinue

- **Dispositifs de collecte continue** : ou caniveaux latéraux, les eaux sont alors recueillies en tout point du bord de l'ouvrage par un caniveau longitudinalement qui, soit :
 - a. Les évacue latéralement vers les collecteurs situés parallèlement aux caniveaux ;
 - b. Les évacue longitudinalement vers les collecteurs d'extrémités.

Le dispositif de collecte continue est considéré comme la meilleure option de drainage, car ils sont disposés tout au long de la piste, il assure d'une part, un meilleur débit et évite les engorgements d'autre part, dans le cas de revêtement sombre, le caniveau longitudinal, en béton, constitue une ligne qui accroît la visibilité, en limitant les bords latéraux de la piste.



Figure.IV.2. Dispositifs de collecte continue

➤ **Les caniveaux latéraux de collecte** doivent être conçus de manière à faciliter leur nettoyage, ils sont parfois doublés latéralement par un petit caniveau pouvant servir comme niche pour le câblage (des balises, et autres installations électriques). Ils sont couverts par une grille en acier ou en béton, dotés de fentes pour l'absorption des eaux. Le type le plus répandu étant le caniveau type Satujo.



**Figure.IV.3. Système de récupération des eaux de ruissellement de type Satujo
(bords de pistes ou d'aires de stationnement)**

IV.2.1.2. Évacuation par fossés

Bien que les ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux soient généralement efficaces, ils représentent un investissement relativement coûteux. Il est donc

économiquement pertinent pour le concepteur d'envisager une solution plus simple, consistant à évacuer les eaux de ruissellement des chaussées et des aires de circulation en les laissant s'écouler naturellement par gravité vers l'extérieur. Pour ce faire, on donne aux bandes d'envol une pente descendante à partir de l'ouvrage, puis on inverse la pente à une certaine distance — généralement au niveau du bord extérieur de la bande d'envol ou à une dizaine de mètres du bord de la voie — afin de former un fossé très plat mais large, chargé de collecter et d'évacuer les eaux à ciel ouvert.

Cette méthode, qui présente l'inconvénient d'humidifier le sol avoisinant par les eaux issues de l'ouvrage, nécessite toutefois certaines précautions :

- Le drain d'isolement doit être muni, à sa partie supérieure, d'un masque imperméable afin d'assurer la protection efficace du sous-sol contre les infiltrations latérales et d'éviter l'absorption des eaux de ruissellement, contraire à sa fonction première.
- Les accotements de la piste ou de la voie de circulation doivent être rendus imperméables sur une largeur suffisante, garantissant ainsi leur résistance en surface et permettant éventuellement le roulage d'un avion en cas de nécessité.

IV.2.2. RESEAU D'ASSAINISSEMENT SOUTERRAIN

Les eaux souterraines englobent l'ensemble des eaux qui se trouvent sous la surface du sol. Elles comprennent, d'une part, *les eaux d'infiltration*, résultant de la percolation des eaux de pluie à travers les couches perméables du sol, et d'autre part, *les eaux de la nappe phréatique*.

Les aérodromes sont souvent implantés dans des zones de vallée où la nappe phréatique affleure près de la surface du sol. Afin de protéger la fondation de la chaussée contre la remontée capillaire de l'eau - phénomène particulièrement critique sur les terrains limoneux ou argileux - deux solutions peuvent être envisagées selon la

nature du sol : soit surélever la chaussée au moyen d'un remblai, soit intercaler sous la fondation une couche de matériau filtrant et non contaminant, tel qu'un sable grossier.

La percolation des eaux à travers la structure de la chaussée peut survenir durant la phase de construction, avant la pose du revêtement étanche, ou ultérieurement si ce dernier présente des défauts d'imperméabilité. Ce phénomène peut devenir particulièrement dommageable en présence d'un sous-sol argileux, lorsqu'aucun dispositif de drainage n'a été prévu pour évacuer les eaux accumulées au niveau de la fondation.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'un sol imperméable, il est recommandé de disposer, sous la chaussée et au-dessus d'un fond de fouille soigneusement nivelé, une couche drainante associée à des drains longitudinaux, afin d'assurer l'évacuation rapide et efficace des eaux infiltrées.

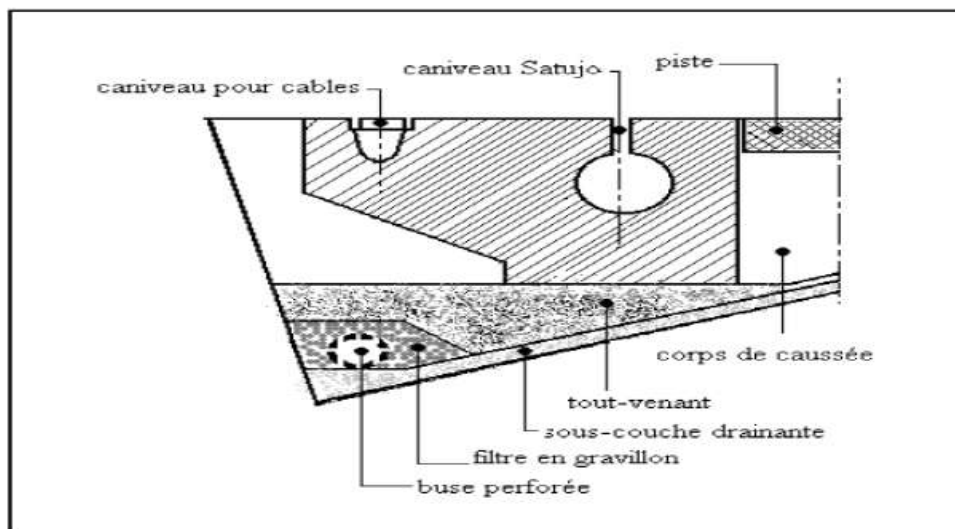


Figure.IV.4.: Exemple d'assainissement des eaux souterraines

IV.2.3. ASSAINISSEMENT DES EAUX POLLUEES

Ces eaux polluées, issues principalement des ateliers d'entretien, de l'usure des pneus d'avion (caoutchouc) et des fuites de kérosène sur les aires de stationnement, nécessitent une gestion spécifique. Elles doivent être collectées via un réseau de drainage indépendant pour subir un prétraitement physico-chimique (décantation, déshuilage, filtration) avant tout rejet dans le réseau de ruissellement pluvial.

Les normes aéroportuaires imposent un assainissement séparatif pour éviter la pollution des nappes et milieux récepteurs, avec bassins de rétention et épuration avant rejet. En Algérie, cela s'aligne sur le Codex des eaux, adapté aux contextes locaux comme Ouargla.

IV.3. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Le dimensionnement de ces ouvrages peut se faire par plusieurs méthodes, généralement, l'estimation des débits repose sur le principe des averse types, caractérisées par leurs intensités et leurs fréquences.

Pour pouvoir évaluer les quantités d'eau à évacuer, il est nécessaire d'avoir les renseignements sur les caractéristiques pluviométriques de la région de l'aérodrome. Le calcul des débits des eaux de surface peut se faire en utilisant la méthode dite rationnelle ou :

$$Q = 2.778 * C * I * A$$

Q : Le débit en liter par seconde (l/s).

2.778 : coefficient qui permet de couverture les mm/h en l/s.

C : coefficient de ruissellement (dépend de caractéristique de la surface).

I : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration exprimée en mm/h.

A : Superficie de la surface drainée en hectares.

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombée sur elle. Ce rapport caractérise les pertes provenant de l'évaporation et de l'infiltration et dépend de nombreux facteurs, le plus important est la nature du revêtement de la surface drainée. A titre indicatif le tableau suivant présente le coefficient de ruissellement applicable à quelques surfaces :

Tableau IV.1 : Le coefficient de ruissellement

Type de surface	Coefficient de ruissellement
Revêtement en enrobé	0.8 à 0.95
Revêtement en béton de ciment	0.7 à 0.90
Revêtement formé par un enduit superficiel	0.35 à 0.70
Sols imperméables nus (argileux)	0.40 à 0.65
Sols imperméables mais en gazones	0.30 à 0.55
Sols légèrement perméables nus	0.15 à 0.40
Sols légèrement perméables en gazonnées	0.10 à 0.30
Sols perméables nus	0.05 à 0.20
Sols perméables en gazonnés	0 à 0.10

Le débit à considérer pour le dimensionnement d'un ouvrage hydraulique sera estimé en cumulant les débits des surfaces drainées par cet ouvrage.

IV.3.1 Choix de la Fréquence des Averses à Adopter

Le choix de fréquence résulte d'un compromis entre la sécurité offerte par les ouvrages et leur coût. On choisira pour le calcul des fossés une fréquence de 5ans et pour les buses une fréquence de 10ans.

IV.3.2 Calcul des Ouvrages (fossés et buses)

Le calcul du diamètre de la canalisation ou de la hauteur du fossé sera effectué à partir de la formule de *Manning*.

$$Q = 1/N * R^{2/3} * I^{1/2} * S$$

Q : débit en m³/s

N : coefficient de rugosité de la canalisation (il dépend de nature de la canalisation)
(**Tableau IV.2**)

R : Rayon hydraulique en m ; R=section de l'écoulement (m²)/périmètre mouillé (m)

I : pente de la canalisation (point de versement)

S : section transversale de l'écoulement

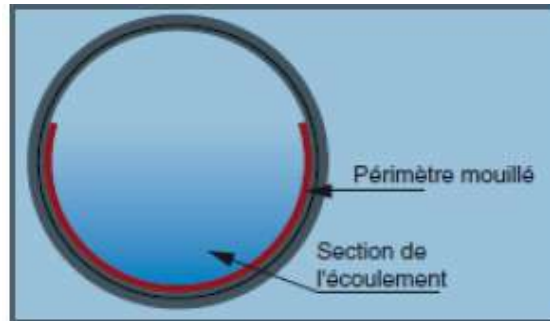


Tableau IV.2 : Coefficient de Manning pour Différents Types de Canalisation

Nature de la canalisation	N
<i>Tuyaux en béton</i>	
Conduite circulaire à parois lisses sans joint	0,013
Conduite circulaire de qualité normale	0,015
Conduite circulaire avec joints, écoulement médiocre	0,018
<i>Tuyaux en acier</i>	
Tuyaux en acier	0,015
<i>Autres types</i>	
Tuyaux en tôle ondulée	0,024
Tuyaux de type PVC	0,013

IV.4. LES BASSINS

On distingue quatre types de bassins :

- *les bassins de rétention* dont la fonction première est la régulation du débit afin de respecter les limitations de débit de l'exutoire ou pour permettre l'implantation d'un autre type de traitement dont le fonctionnement ne peut être assuré qu'à faible débit (comme un séparateur à hydrocarbure);
- *les bassins de décantation* dont la fonction première est d'assurer un temps de repos suffisant à l'eau pour en permettre la décantation des matières en suspension;
- *les bassins d'infiltration* qui ont pour objet de retenir l'eau et de permettre son infiltration dans de bonnes conditions ;
- *les bassins réservés aux pollutions accidentelles* ne servent qu'à stocker des eaux contaminées par une pollution accidentelle par temps sec en vue d'un traitement ultérieur.

Un bassin de rétention permet une première décantation des eaux de pluie. Un bassin de décantation limite le débit. Ils sont donc souvent confondus. Toutefois ayant des objectifs différents, ils ne se dimensionnent pas de la même façon.

De manière générale, quelques précautions sont à prendre lors de l'implantation d'un bassin :

- le péril aviaire ne doit pas être aggravé par la présence du bassin ;
- ils ne doivent pas présenter un danger pour les avions en cas de sortie de piste. Il est donc interdit d'en implanter dans la bande aménagée.



Figure.IV.5: Exemple de Bassin de rétention sur aéroport



Figure.IV.6: Exemple d'un Bassin de décantation sur aéroport

IV.5. DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU DE DRAINAGE

Le dimensionnement d'un réseau de drainage constitue une étape essentielle dans la conception des ouvrages d'assainissement pluvial. Il vise à garantir une évacuation efficace des eaux de ruissellement tout en limitant les impacts sur le milieu naturel et sur les infrastructures environnantes. Ce processus se déroule en trois grandes phases : le premier dimensionnement, la détermination sommaire du réseau et le calcul définitif.

IV.5.1 Premier dimensionnement

Le premier dimensionnement a pour objectif d'élaborer une esquisse du réseau à partir des données topographiques, hydrologiques et environnementales disponibles. Il s'agit d'une phase de diagnostic et de définition des grandes orientations du projet.

Les principales étapes de cette phase sont les suivantes :

- **Analyse topographique** : examen du plan masse et des courbes de niveau aux échelles 1/2000 et 1/5000 afin d'identifier les pentes naturelles et les zones d'accumulation d'eau ;
- **Étude du milieu récepteur** : repérage des exutoires (cours d'eau, fossés naturels, bassins existants) et identification des contraintes géotechniques, hydrologiques et environnementales liées au site ;
- **Évaluation des impacts environnementaux** : estimation des atteintes potentielles au milieu naturel dues aux aménagements projetés ;
- **Définition des objectifs de rendement** : détermination des performances attendues en termes de débits à évacuer, de qualité des eaux de rejet et de fréquence de fonctionnement du réseau ;
- **Établissement du schéma directeur préliminaire** : tracé des collecteurs principaux et des émissaires extérieurs jusqu'aux exutoires, avec vérification de leur capacité à évacuer les eaux pluviales issues de l'emprise considérée (par exemple celle d'un aéroport ou d'une zone urbaine).

Cette première phase permet d'obtenir une vision d'ensemble du réseau et de fixer les hypothèses de calcul qui serviront aux étapes suivantes.

IV.5.2 .Détermination sommaire du réseau de drainage

La deuxième phase consiste à préciser l'organisation du réseau et à effectuer les premiers calculs de dimensionnement. Elle permet de définir plus précisément la géométrie et la disposition des ouvrages.

Les principales tâches à réaliser :

- **Choix et implantation des ouvrages** : sélection des types d'ouvrages de drainage (fossés, caniveaux, conduites, regards, canalisations d'interception) et localisation de leur position exacte sur le plan ;

- **Délimitation des bassins versants** : découpage du site en zones homogènes d'écoulement afin de déterminer les aires contributives et les points de concentration des eaux ;
- **Calculs hydrauliques sommaires** : estimation des débits de ruissellement et dimensionnement approximatif des sections des ouvrages en fonction d'une pluie de période de retour comprise entre 5 et 10 ans ;
- **Évaluation des bassins d'accumulation** : estimation du volume nécessaire pour stocker temporairement les eaux lors des épisodes pluvieux ;
- **Positionnement des dispositifs de dépollution** : localisation des ouvrages de traitement ou de décantation destinés à améliorer la qualité des eaux avant rejet dans le milieu naturel ;
- **Analyse des interactions avec les autres infrastructures** : prise en compte des contraintes imposées par le projet d'assainissement sur le tracé des voies, les terrassements et les ouvrages d'art.

Cette étape fournit un schéma cohérent du réseau de drainage et permet de préparer la phase de calcul définitif.

IV.5.3 Calcul définitif du réseau de drainage

La dernière phase correspond à la mise au point technique et au dimensionnement précis du réseau. Elle repose sur des données topographiques et hydrologiques affinées.

Elle comporte les opérations suivantes :

- **Affinement du nivellement général** : ajustement du profil altimétrique pour optimiser les pentes d'écoulement et éviter les stagnations d'eau ;
- **Établissement des profils en long et en travers** : représentation détaillée des conduites, fossés et autres ouvrages afin de vérifier la continuité hydraulique du réseau ;

- **Calcul précis des débits et des sections** : détermination des débits d'apport par bassin versant et dimensionnement exact des ouvrages à l'aide des formules hydrauliques adaptées ;
- **Vérification des vitesses d'écoulement** : contrôle pour éviter à la fois l'érosion (vitesse excessive) et les dépôts (vitesse trop faible) dans les canalisations et fossés ;
- **Validation hydraulique du réseau** : simulation ou modélisation (le cas échéant) du comportement du réseau sous une pluie décennale, permettant de vérifier la conformité des ouvrages aux conditions de fonctionnement attendues ;
- **Mise au point du nivellement définitif** : finalisation des profils en long et en travers ainsi que des plans d'exécution.

Cette phase aboutit à un projet complet de drainage, cohérent sur le plan hydraulique et intégré dans l'ensemble de l'aménagement. Elle garantit la performance du système d'évacuation des eaux pluviales dans le respect des contraintes techniques et environnementales.

CHAPITRE V.

BALISAGE ET SIGNALISATION DES AERODROMES



V.1.INTRODUCTION

Le balisage et la signalisation des aérodromes jouent un rôle crucial pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes au sol et en vol. Ces dispositifs visuels sophistiqués incluent le marquage des pistes, des voies de circulation et des aires de stationnement, ainsi que les systèmes d'aides à l'atterrissage, tels que les P.A.P.I. et V.A.S.I. Leur conception et mise en œuvre répondent à des exigences rigoureuses visant à assurer une visibilité optimale, quelles que soient les conditions d'éclairage ou météorologiques. La maîtrise de ces systèmes constitue une composante essentielle de la formation avancée en aéronautique, indispensable pour comprendre les problématiques de sécurité, d'orientation et de gestion des mouvements d'aéronefs dans un environnement complexe et réglementé.

Les installations de balisage doivent être conçues et maintenues conformément aux normes de sécurité en vigueur, qui s'appuient sur les recommandations de l'OACI et des autorités nationales.

V.2. BALISAGE ET SIGNALISATION DE JOUR

V.2.1. Identification de l'aérodrome

L'inscription du nom de l'aérodrome en lettres de 3 m de hauteur, généralement blanches, facilite son identification visuelle pour les pilotes. L'emplacement de cette marque doit offrir une visibilité maximale en vol choisi par les autorités exploitantes, souvent sur un bâtiment ou une structure proéminente près de la zone d'approche. Cela respecte les normes aéronautiques pour minimiser les confusions lors des phases critiques d'atterrissage ou de décollage.

V.2.2. Indicateur de la direction des vents (ou manche à vent)

Il est impératif d'équiper l'aérodrome d'au moins un indicateur de vent, destiné à fournir une indication visuelle générale de la direction et de la vitesse du vent en surface. Cet appareil prend la forme d'un cône tronqué en tissu, d'une longueur au

moins égale à 3.6 m et de diamètre égale à 0.9 m, monté sur une girouette. L'indicateur doit arborer une couleur contrastée, visible à 300 m de hauteur, de préférence une combinaison blanc et rouge (Figure.V.1).

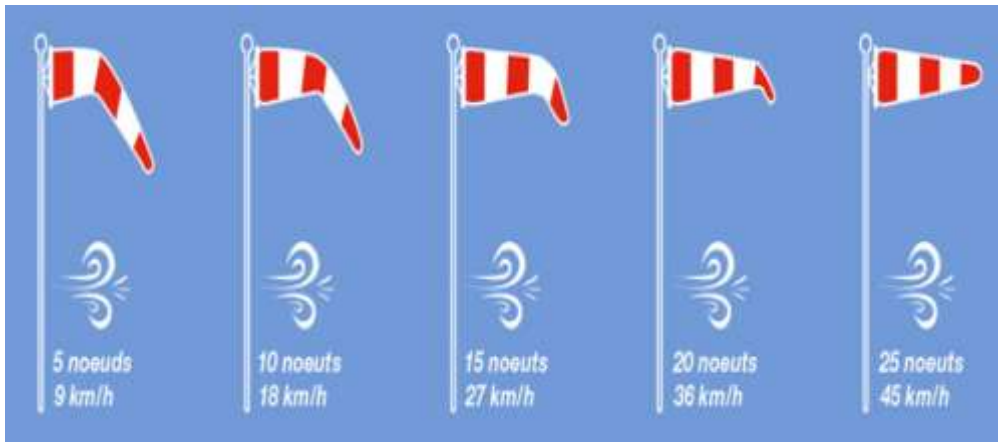


Figure.V.1 : Manche à Vent

V.2.3. Indicateur de direction d'atterrissage :

L'indicateur de direction d'atterrissage est un dispositif visuel crucial pour la sécurité sur les aérodromes, évitant les confusions directionnelles, Conforme aux normes OACI, Il s'agit d'un panneau en forme de "T" (blanc ou orange selon le contraste avec le sol), dont la barre transversale désigne la direction d'atterrissage et de décollage, avec les aéronefs atterrissant et décollant vers cette barre. De nuit, il est éclairé ou bordé de feux blancs.

Placé en évidence sur l'aire de signalisation, il guide les pilotes pour aligner leurs trajectoires parallèlement à la grande barre du T. Un "T" précédé d'un cercle blanc indique que les atterrissages et décollages peuvent s'effectuer dans des sens opposés.

Les panneaux de signalisation, quant aux couleurs, aux types, et dimensions minimales conformes aux indications de la Figure V.2.

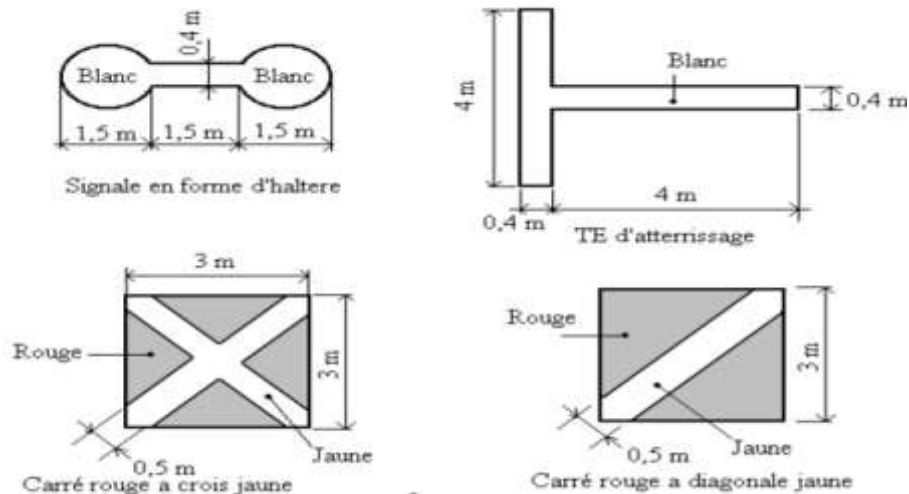


Figure.V.2 : Panneaux de signalisation

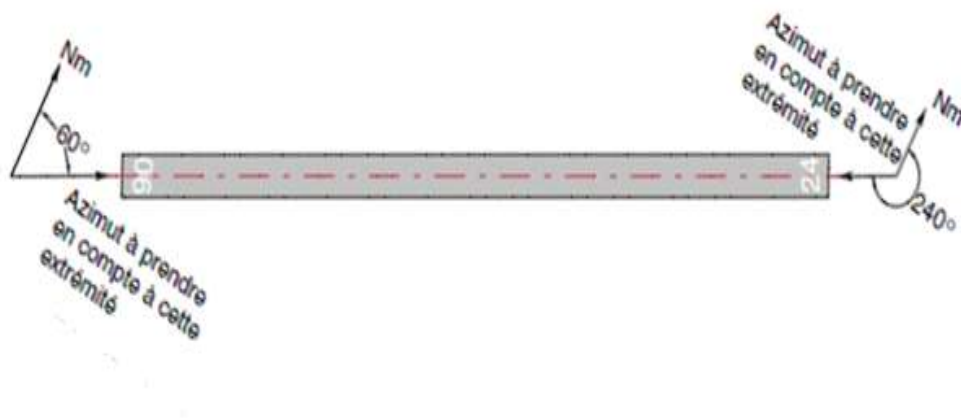
V.2.4. Marquage des pistes

La plupart des aéroports dans le monde utilisent le même langage de lignes et de motifs pour le marquage des pistes. Le marquage des pistes d'aérodrome désigne les peintures au sol standardisées, principalement blanches, qui guident les pilotes pour le décollage, l'atterrissage et la navigation. Ces marquages respectent les normes de l'OACI et varient selon le type de piste.

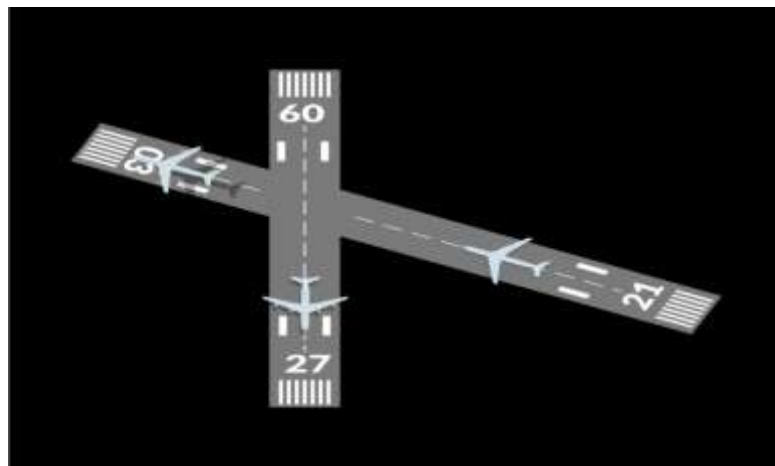
V.2.4.1. Marques d'identification des pistes QFU

Les marques d'identification de piste, dénommées **QFU**, seront composées d'un nombre de deux chiffres qui sera le nombre entier le plus proche du dixième de l'azimut magnétique de l'axe de piste mesuré à partir du Nord magnétique dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant dans le sens de l'approche. Si l'application de la règle précédente donne un nombre inférieur à dix, ce nombre sera précédé d'un zéro. On désigne une piste par deux **QFU**, un sur chaque extrémité.

- **Exemple : Piste : 06/24**



- **Exemple : Piste 09/27 et Piste 03/21**



- Dans le cas des pistes parallèles, le numéro d'identification de piste est accompagné par une lettre, qui est de gauche à droite pour un observateur regardant dans le sens de l'approche :
 - **L** : si la piste est située à gauche (Left) ;
 - **R** : si la piste est située à droite (Right) ;
 - **C** : si la piste est située au centre (Center).

- *Exemple : piste 30 R*



Conformément aux prescriptions de l'OACI, les QFU doivent être peints sur les extrémités de piste et doivent être lisibles par le pilote au moment de l'approche. Les dimensions et les formes des chiffres et des lettres sont normalisées, (Figure.V.3)

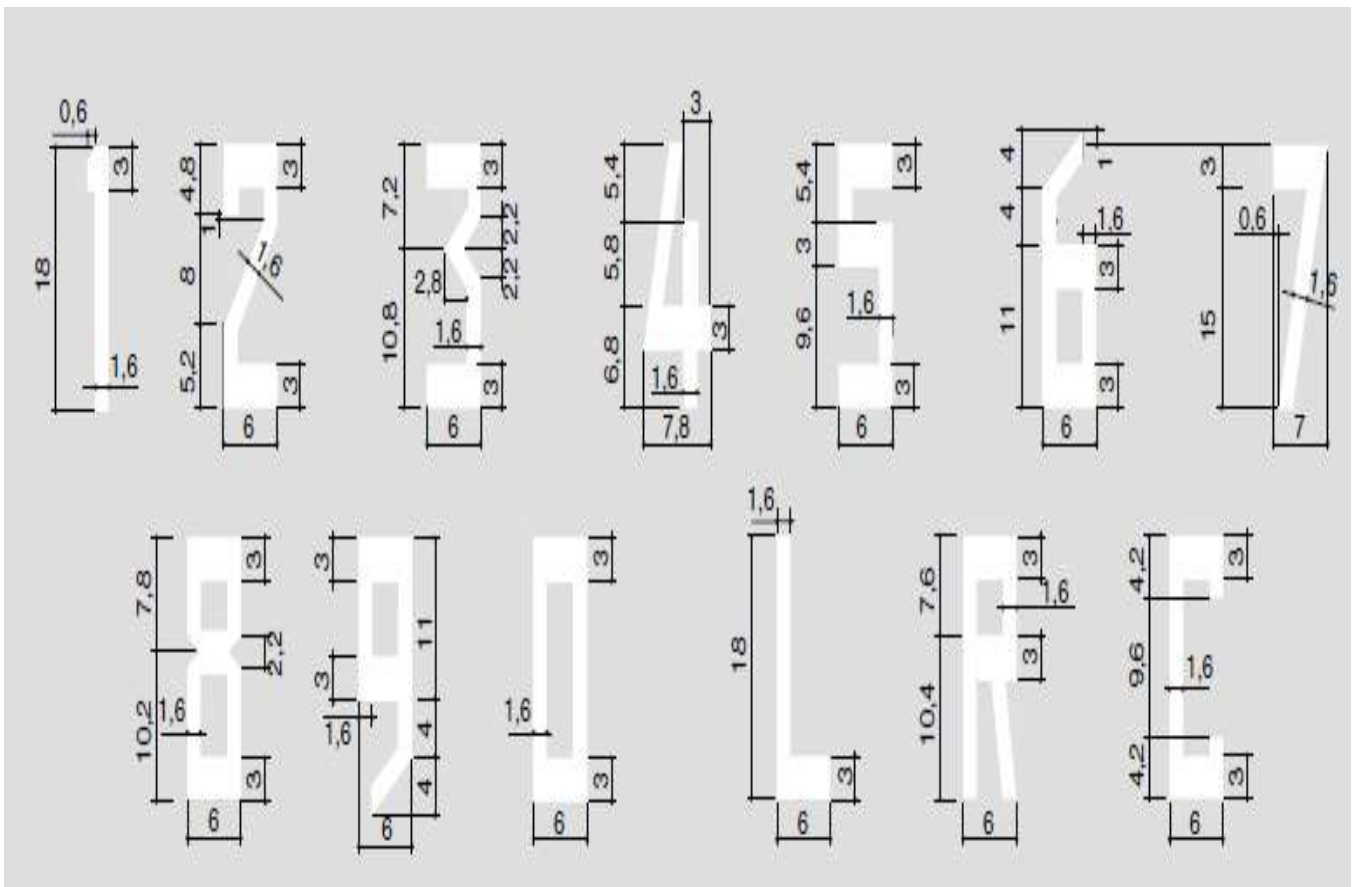


Figure.V.3 : Formes et dimensions des lettres et des chiffres des marques d'identification de piste (exprimées en mètres).

V.2.4.2. Marque d'axe de piste

Pour les pistes revêtues doivent être dotées de marquage de l'axe :

Ces marques sont constituées par une ligne de trait uniformément espacé. La longueur de chaque bande devrait être au moins égale à la longueur de l'espace ou à 30 m.

La longueur d'une bande plus un espace ne devrait pas être inférieure à 50 m ni supérieure à 75 m.

V.2.4.3. Marque de seuil de piste

Le seuil de piste est matérialisé par plusieurs bandes blanches dans le sens de la longueur, disposées parallèlement de part et d'autre de l'axe central. Leur nombre varie en fonction de la largeur de la piste. Plus la piste est large, plus il y a de bandes. Cela va de 4 à 16 bandes.

Elles permettent de limiter l'étendue de la piste et d'assurer la sécurité des opérations de décollage et d'atterrissage.

Ces bandes commencent à 6 m de l'extrémité de la piste. D'une longueur de 30 m, largeur de 1,8 et elles sont espacées de 1,8m. (Les 2 bandes voisines de l'axe de piste seront espacées de 3,6 m).



Figure.V.4 :Les marques de seuil de piste

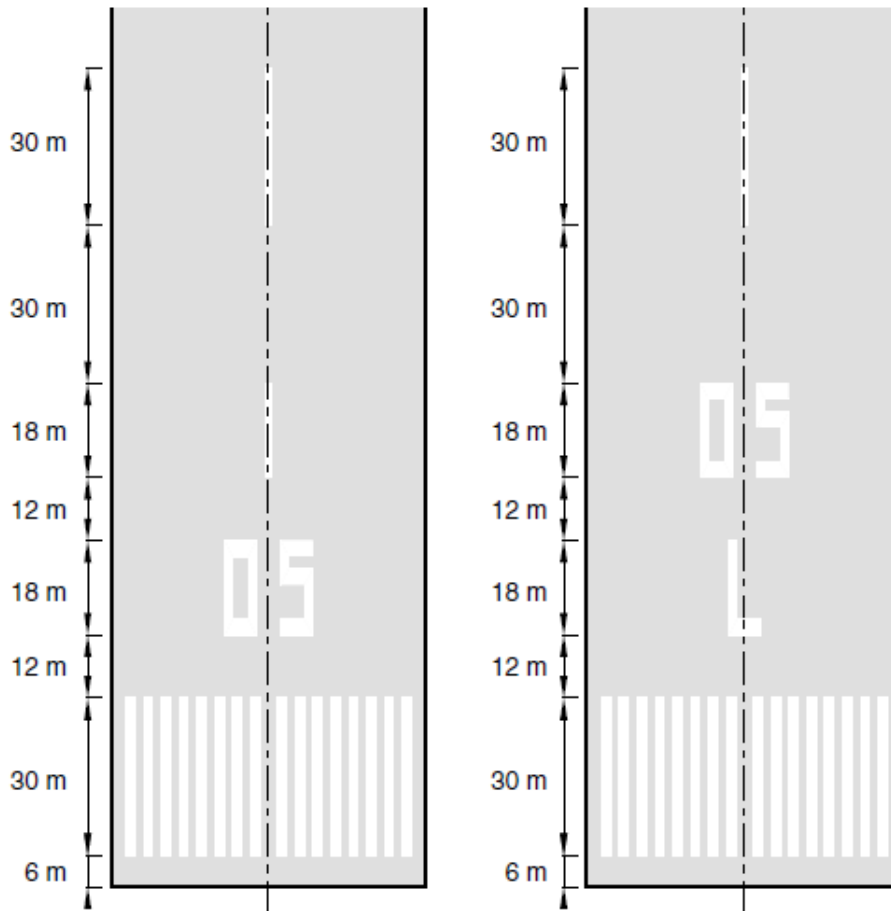


Figure.V.5 : Marques de seuil, d'identification et d'axe de piste (distances exprimées en mètres)

V.2.4.4. Marques à distance constante

Elles sont disposées aux deux extrémités de chaque piste revêtue,

Chaque marque à distance constante est constituée de deux rectangles blancs :

- Longueur : 45 m ;
- Largeur : 6 m ;
- Écartement entre les côtés intérieurs : 18 m.

Ces marques servent de repères visuels réguliers le long de la piste (souvent combinées à d'autres bandes de distance) pour aider le pilote à juger de sa position durant le roulage et l'atterrissage, en particulier sur pistes de plus de 1500 m équipées d'approche de précision.

V.2.4.5. Marques de zone de toucher des roues

Les marques de zone de toucher des roues fournissent au pilote les éléments de guidage pour la prise de contact avec la surface de la piste et des indications de distance par rapport au seuil.

Elles sont constituées de paires de marques rectangulaires de 22,50 m de longueur, disposées parallèlement à l'axe de la piste, symétriquement par rapport à cet axe et à une distance de 18 m entre côtés intérieurs des marques d'une même paire.

Ces paires de marques sont disposées à intervalles longitudinaux de 150 m à partir du seuil de piste, le début de la marque étant pris comme référence de position. Ne doivent cependant pas être apposées les paires qui coïncident avec une marque de point cible ou en sont éloignées de moins de 50 m. Dans ces deux derniers cas, la distance entre les deux marques de toucher des roues encadrant la marque de point cible est de 300 m.

Ces valeurs sont conformes aux recommandations O.A.C.I pour les marquages de zone de touchdown , bien que certaines dispositions nationales puissent varier légèrement (notamment la longueur des bandes sur les très grandes pistes).

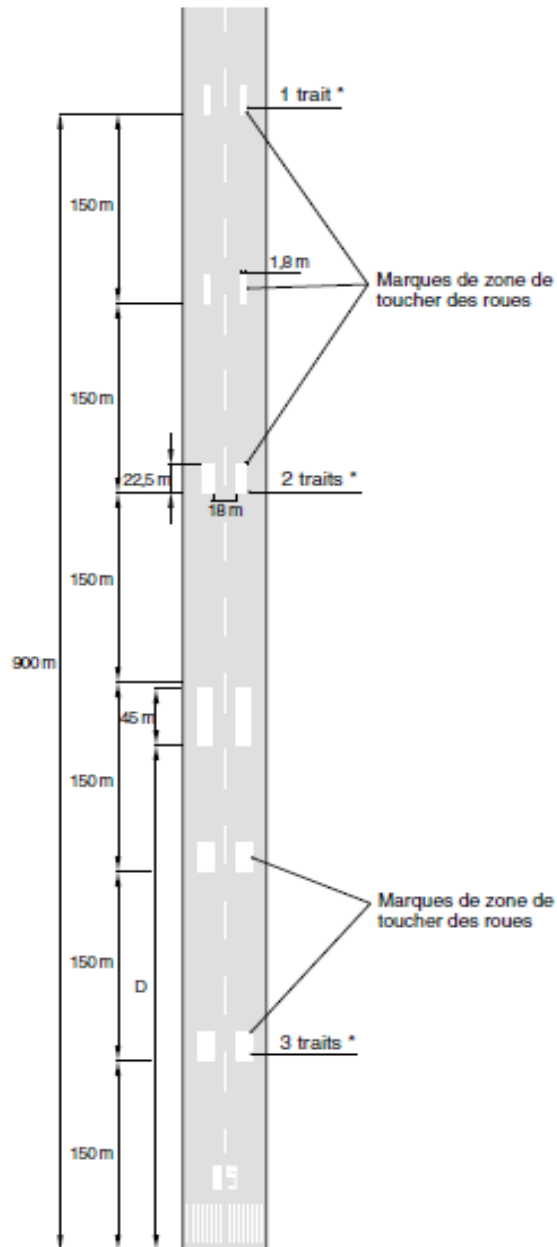


Figure.V.6 : Marques de point cible et de zone de toucher de roues

V.2.4.6. Marques latérales de piste

Des marques latérales de piste seront disposées entre les deux seuils de chaque piste revêtue, lorsque le contraste entre les bords de la piste et les accotements n'est pas suffisant.

Les marques latérales de piste se présentent sous la forme d'une ligne continue tracée entre les deux seuils le long du bord de piste de telle sorte, en général, que la limite extérieure de cette bande coïncide avec ledit bord de piste. Sortent du cas général les pistes dont la largeur est supérieure à 60 m, pour lesquelles les marques latérales sont apposées à 30 m de l'axe de la piste. Pour les pistes dont la largeur est supérieure ou égale à 30 m, les marques latérales auront une largeur de 0,90 m. Pour les autres, cette largeur est ramenée à 0,45 m.

V.2.5. Marquage des voies de circulation

V.2.5.1 Marques axiales

Les marquages des voies de circulation dans un aéroport permettent de guider les aéronefs entre les zones de stationnement et les pistes. Elles sont d'une largeur minimale de 0. 15 m et une couleur jaune.

Les marques axiales dans les courbes d'une voie de circulation doivent assurer la continuité de la ligne de la partie rectiligne de cette voie en demeurant à une distance constante du bord extérieur du virage. Pour les bretelles, les marques axiales de ces voies seront prolongées parallèlement aux marques axiales de la piste sur une distance de 60 m.

V.2.5.2 Point d'attente

Une marque de point d'attente sera obligatoirement apposée à l'intersection d'une voie de circulation avec une piste. Elle est matérialisée par un point d'arrêt. Ses forme et dimensions conformément aux prescriptions de l'annexe 14.

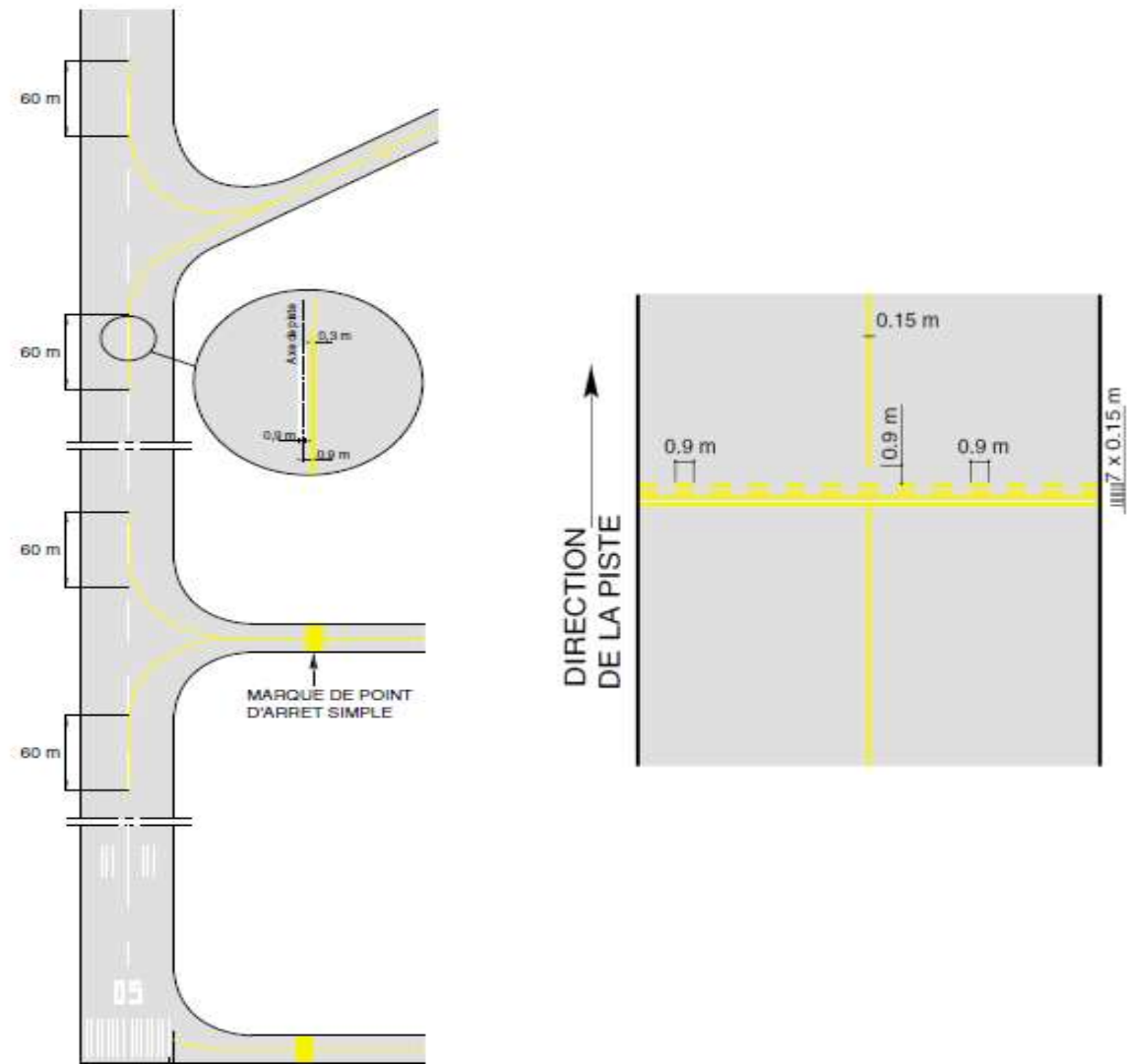


Figure.V.7 : Marques des voies de circulation (point d'attente) –Piste

V.3. BALISAGE LUMINEUX ET SIGNALISATION DE NUIT

Pour la sécurité des opérations nocturnes ou en faible visibilité dans les aéroports, un balisage lumineux est prédéfini par la réglementation internationale de l'aviation OACI et les normes sont détaillées dans l'Annexe 14, Volume I (Aérodromes), qui définit les standards mondiaux. Ces exigences couvrent les couleurs, intensités lumineuses, espacements et caractéristiques techniques des feux pour guider les pilotes lors des approches, atterrissages, décollages et mouvements au sol. Elles sont obligatoires pour les aéroports certifiés et adaptées localement, comme en Algérie via l'ANAC.

Le balisage lumineux est considéré comme un système global qui comprend non seulement les éléments en bout de chaîne, comme les feux ou les panneaux de signalisation aéronautique, mais aussi les équipements de contrôle/commande, les équipements en poste et sur l'aire de manœuvre.

V.3.1 Phare d'identification

Le phare d'identification d'aérodrome est un équipement lumineux aéronautique conçu pour aider les aéronefs à localiser l'aérodrome avant l'approche finale, complétant les panneaux d'identification au sol et autres aides visuelles. Il offre une portée de plusieurs dizaines de kilomètres.

Caractéristiques techniques : Il s'agit d'un phare rotatif ou à éclats émettant une lumière à haute intensité (blanc-vert) intermittente dans tous les azimuts, avec un rythme et une couleur spécifiques permettant d'identifier l'aérodrome concerné. Les réglementations O.A.C.I (**Annexe 14**) exigent son installation sur les aérodromes opérant de nuit si nécessaire pour la sécurité.

V.3.2 Feux de piste

Éclairage de piste est essentiel pour guider les avions en toute sécurité lors du décollage et de l'atterrissage. Les lumières installées le long du bord de la piste et des zones d'approche aident les pilotes à naviguer dans diverses conditions de visibilité.

Les feux de signalisation fournissent un guidage visuel lors de la transition des avions de la piste aux voies de circulation.

L'installation d'éclairage se compose généralement d'une rangée de lumières régulièrement espacées, qui peuvent commencer à alterner entre les couleurs pour signaler l'approche de la fin de la piste ou fournir d'autres informations critiques.

Dans la **Figure V.8** sont présentés quelques feux de piste décrits ci-dessous, pour plus de détails sur la disposition et types de feux au niveau de **l'annexe 14**.

On distingue généralement :

- **Feux de bords de piste**

- *But* : ces feux matérialisent les limites latérales de la piste, nécessaire pour le guidage lors de l'atterrissage ou le décollage.
- *Emplacement* : disposés sur toute la longueur de la piste, en deux rangées parallèles, équidistante de l'axe de la piste
- *Caractéristiques* : Les feux de bord de piste de l'aéroport sont blancs.
Mais ceux-ci lumières blanches devenir jaune aux 2 000 derniers pieds ou à la dernière seconde moitié de la piste restante, selon la période la plus courte.
Les pilotes deviennent vigilants lorsque le feu devient jaune à l'approche de la fin de la piste.

- **Feux ou dispositifs d'approche**

Les feux ou dispositifs d'approche désignent l'ensemble des feux aéronautiques au sol et systèmes lumineux installés à proximité d'une piste qui guident le pilote pendant la phase d'approche finale, avant l'atterrissage.

Ils réduisent le risque d'errances latérales ou verticales et sont particulièrement indispensables lors des opérations en conditions météorologiques défavorables ou de nuit.

- *caractéristiques* : ce dispositif est constitué d'une ligne axiale de feux directionnels tous les 60 m sur 420 m et une barre de feux à 300m du seuil, large de 30 m. les dispositifs des feux d'approche en saillie et leurs montures doivent être légères et dotées d'un point frangible à leur base.

- **Feux de seuil de piste**

Le seuil de piste est doté d'une rangée continue de feux produisant un arc lumineux ininterrompu, qui fournit aux pilotes des repères visuels pour le décollage et l'atterrissage.

➤ *caractéristique* : Les feux de seuil de piste sont placés pour garantir aux pilotes un point de référence visuel clair pour le début et la fin de la piste.

Les *feux verts* au départ indiquent le début de la piste ouverte à l'atterrissage des avions venant en sens inverse. Les pilotes détermineront la zone de décollage grâce à des *feux rouges*, qui signifient la fin de la piste.

Lorsque le seuil de piste correspond à son extrémité, les feux de seuil peuvent être utilisés comme feux d'extrémités de piste.

- **Feux d'axe de piste**

Un **feu d'axe de piste** ou feu de ligne centrale de piste, est un feu incrusté au ras de la chaussée de l'aérodrome, disposé le long de l'axe de la piste à intervalles réguliers, généralement autour de 15 m. Les feux centraux de piste fournissent des conseils d'alignement essentiels au pilote. Ils garantissent que les pilotes restent concentrés sur la piste lors de l'atterrissage. Et maintenir une trajectoire centrée et de réduire le risque de déviations latérales ou d'incursions. Il sert à guider l'avion sur l'axe de la piste pendant le décollage, l'atterrissage et le roulage, en particulier par faible visibilité (nuit, brouillard, pluie).

-*Caractéristiques* : sont des feux fixes de couleur variable le long de la piste :

- Les feux centraux de la piste sont de couleur *blanche* sur la majeure partie de la piste
- en alternance avec des lumières *rouges et blanches* entre 900 et 300 m de l'aval de la piste.
- Tous les feux de la ligne centrale deviennent *rouges* sur les derniers 300 m. .

- **Feux de zones de touché des roues**

Ces feux sont installés à 900 m de distance de chaque côté de l'axe de la piste. Ce positionnement équilibré permet une approche de précision dans la zone de toucher des roues.

- *Caractéristiques* : composés par une barrette comportant au moins 3 feux unidirectionnels de couleur blanche, l'intervalle entre ces feux est de 1,5 m maximum.



Figure.V.8 : Les différents feux de piste

V.3.3 Feux des voies de circulation

Les feux des voies de circulation d'un aéroport guident les avions au sol entre les pistes et les zones de stationnement, surtout dans la navigation nocturne ou par faible visibilité. On distingue :

- **Feux de bords des voies de circulation**

Les feux de bords des voies de circulation désignent principalement les balises lumineuses bleues installées le long des taxiways sur les aéroports. Ils guident les

pilotes en conditions de faible visibilité ou de nuit. Ces feux bleus sont encastrés ou surélevés et espacés régulièrement.

Ils s'allument en même temps que les autres systèmes d'éclairage aéroportuaire et indiquent les contours des voies de circulation, distincts des feux verts centraux ou des feux blancs des bords de piste.

- *Caractéristiques* : les feux de bord sont constitués par des feux fixes de couleur bleue, visibles jusqu'à 30 degrés au moins au-dessus de l'horizon, dans toutes les directions. Ils sont placés aux extrémités des voies pour délimiter les contours ; ils sont omnidirectionnels et espacés de 60 m maximum en ligne droite.

- **Feux axiaux des voies de circulation (feux de la ligne centrale)**

Les feux axiaux de voie de circulation sont installés sur les voies de circulation et sorties de piste, de manière à assurer un guidage continu depuis l'axe de la piste jusqu'au point de l'aire de stationnement.

- *caractéristiques* : Sont des feux fixes verts, encastrés le long de la ligne jaune centrale, visibles seulement par un avion se déplaçant sur les voies de circulation.

-Leurs rôles est pour guider précisément le roulage ; alternent vert/jaune en sortie de piste.

-La distance recommandée entre deux feux successifs est de 30 m au maximum.

- **Les barres d'arrêt**

La barre d'arrêt est installée au point d'attente de circulation ; Ces feux sont disposés au moins à 3 m du bord de la voie.

- *Caractéristiques* : les barres d'arrêt sont composées de feux unidirectionnels de couleur rouge, dirigés dans le sens ou l'aéronef s'approche de l'intersection ou du point d'attente de circulation.

V.3.4 Feux des aires de stationnement

Les feux des aires de stationnement aéroportuaires assurent la sécurité des opérations nocturnes ou par faible visibilité. Ces feux éclairent les zones de stationnement pour faciliter le ravitaillement, le chargement et les vérifications. Ils guident les manœuvres des aéronefs et le personnel au sol.

- Ils sont gérés par la tour de contrôle pour s'adapter aux conditions.

- *caractéristiques* : Des projecteurs à éclairage horizontal d'une luminosité de 20 lux. Conformés à l'OACI Annexe 14, ils maintiennent une intensité visible sans éblouir (jusqu'à 10 000 candelas pour haute intensité).

- *Leurs Couleurs* :

- Feux jaunes pour les guidages d'aire de trafic et places isolées.
- Blancs vifs pour l'éclairage général des opérations (cargaison, passagers).
- Bleus ou verts parfois pour les bords des voies de circulation adjacentes ; rouges pour zones interdites.

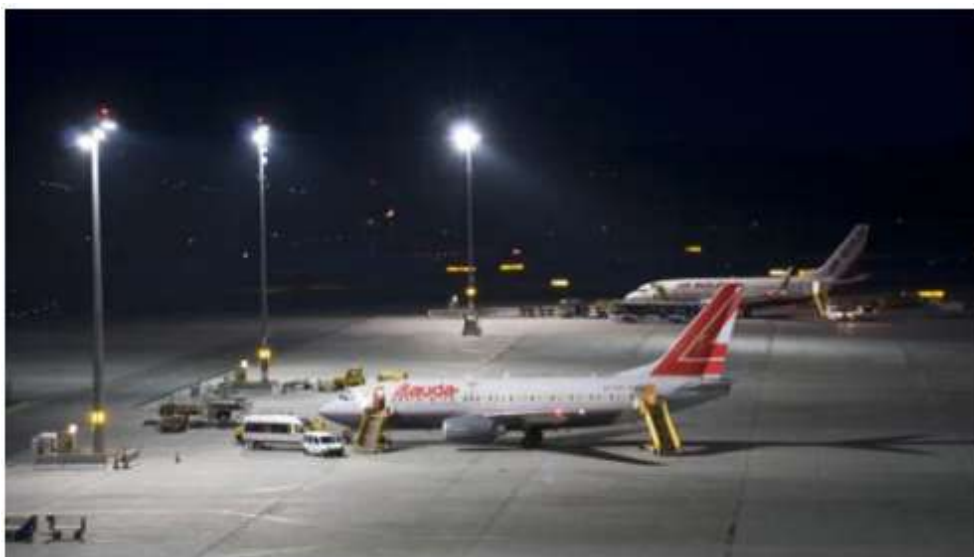


Figure.V.9. Eclairage de l'aire de stationnement

TABLEAU V.1 : Tableau récapitulatif des types des feux de piste

Type de feu de piste	Couleur	rôle
Feux de bord de piste	Blanc (jaune sur les 2 000 derniers pieds ou sur la moitié de la longueur de la piste) ; rouge à la fin	Délimiter les bords de la piste
Feux d'axe de piste (RCLL)	Blanc (alternance rouge/blanc sur les 3 000 derniers pieds ; rouge sur les 1 000 derniers pieds)	Guider l'avion le long de l'axe de la piste
Feux de zone de toucher des roues (TDZL)	Blanc	Marquer la zone de toucher des roues pour l'atterrissage
Système d'éclairage d'approche (ALS)	Blanc (peut inclure des feux clignotants séquencés rouges)	Fournir un guidage visuel pendant la phase d'approche
Seuil lumineux	Vert (vu depuis l'approche) ; Rouge (vu depuis la piste)	Marquer le début et la fin de la piste utilisable
Feux d'identification d'extrémité de piste (REIL)	Blanc clignotant	Identifier le seuil de piste à distance, surtout la nuit
Feux de protection de piste	Jaune clignotant	Indiquer une position d'attente sur piste, généralement aux intersections de voies de circulation
Feux d'arrêt	Ces lumières sont rouges	Indiquer que l'avion doit s'arrêter et ne pas entrer sur la piste
Feux de bord de voie de circulation	Bleu (feux de bord) ; Vert (feux de ligne centrale)	Guider les avions le long des voies de circulation vers/depuis la piste
Indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) ou VASI	Rouge/Blanc	Fournir des informations visuelles sur la trajectoire de descente aux pilotes pendant l'approche

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. G. Meunier. « Conception, construction et gestion des aérodromes ». Eyrolles, 1969.
2. A. Rouili. « Etude et conception des aérodromes civils conformément aux recommandations de l'annexe 14 à la convention de Chicago ». Dar Raihana, Alger.
3. Manuel de Conception des Aérodrômes. 1er Partie: Pistes (Doc. 9157-AN/901). Deuxième édition 1984, Publication de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale, 1984, 3ème édition, 2006
4. *Initiation à l'aéronautique*, Cépaduès-Éditions, Toulouse, 1995, 176 pages, ISBN 2.85428.372.4.
5. Chapitre 3 - aire de manœuvre 3-126 - ITAC - décembre 2001 / la méthode ACN/PCN .
6. Techniques de l'Ingénieur **C 4 121**, 2014
7. L'Annexe 14 de la convention relative à l'aviation civile internationale O.A.C.I, 8ème édition, mars 1983, définit des normes et recommandations sur les caractéristiques dimensionnelles des pistes selon les types d'aéronefs.
8. Documents universitaires et techniques présentent des cours et travaux pratiques sur le dimensionnement des infrastructures aéronautiques.
9. Cours Notions sur les Infrastructures Aéroportuaires. Dr. MERDACI Slimane.