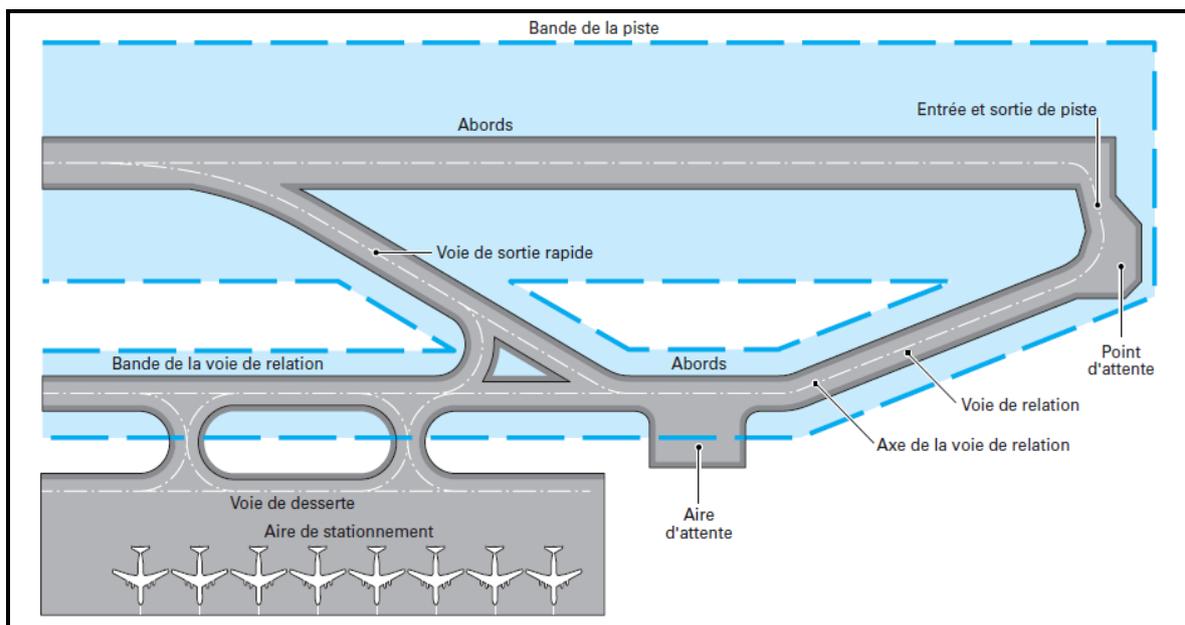


**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Djillali Liabés de Sidi Bel Abbés**  
**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie Civil & Travaux Publics**

*Polycopié de*

***Cours***  
***Notions sur les Infrastructures Aéroportuaires***



Réalisé par

***Dr. MERDACI Slimane***

**Année universitaire 2020-2021**

# **PREFACE**

Ce document « cours Notions sur les Infrastructures Aéroportuaires » a été rédigé à l'intention des étudiants de troisième année licence travaux publics (TP). A fin de permettre aux étudiants de maîtriser les notions de base sur les infrastructures aéroportuaires pour la bonne conception des pistes des aérodromes civil. Ce polycopié est divisé en cinq chapitres selon le programme officiel de licence en travaux public.

Le contenu du premier chapitre concerne les généralités sur les aérodromes. Le chapitre suivant donne une présentation du matériel aérien, le chapitre trois est divisé en deux parties pour la bonne compréhension et explication aux étudiants. Dans ce chapitre, on s'intéresse à la conception générale des aérodromes, Le chapitre quatre donne un aperçu sur les chaussées aéronautiques et assainissement des aérodromes. Pour le 5ème chapitre, on s'intéresse au balisage et signalisation des aérodromes.

Ce polycopié représente ainsi un support pédagogique important aux étudiants de Travaux Public, il est rédigé d'une manière simple et claire et vous rendre service dans vos activités professionnelles.

**Merdaci Slimane**

**Enseignant Maître de conférences**

# **TABLE DES MATIERES**

# TABLE DES MATIERES

## Préface

### CHAPITRE 01 : Généralités Sur Les Aérodomes

---

<b>1. Définition du transport aérien</b> .....	<b>02</b>
<b>2. Les avantages et les inconvénients du transport aérien</b> .....	<b>02</b>
<b>3. Historique et Evolution du Transport Aérien</b> .....	<b>02</b>
<b>4. Que transporte-t-on par air ?</b> .....	<b>03</b>
4.1. Le transport des passagers.....	03
4.2. Le transport de marchandises (fret).....	04
4.2.1. Définition.....	04
4.2.2. Evolution.....	05
4.2.3 Causes.....	06
4.3. La Poste.....	07
<b>5. Caractéristiques du transport aérien</b> .....	<b>07</b>
<b>6. Réglementation Du Transport Aérien</b> .....	<b>08</b>
6.1. Historique.....	08
6.2. Les accords internationaux.....	08
6.2.1. La convention de Varsovie (Octobre 1929).....	08
6.2.2. La convention de Chicago (Nov. – Déc. 1944).....	08
6.2.3. La convention de Rome (Octobre 1952).....	09
6.2.4. La convention de La Haye (Décembre 1970).....	09
6.2.5. La convention de Montréal (Septembre 1971).....	09
6.3. Les organisations internationales.....	09
6.3.1. L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).....	09
6.3.1.1. Objectifs De L'OACI.....	10
6.3.1.2. La Convention De Chicago.....	10
6.3.1.3. Fonctionnement De L'OACI.....	10
6.3.1.4. Les Annexes A La Convention De Chicago.....	11
6.3.1.5. Dispositions Constitutantes D'une Annexe.....	11
6.3.2. L'Eurocontrol.....	12
6.3.3. L'Association du Transport Aérien International (IATA).....	12

### CHAPITRE 02 : Matériel Aérien

---

<b>I Différents Types « Classification Des Aéronefs »</b> .....	<b>14</b>
<b>I.1 Catégories d'aéronefs</b> .....	<b>14</b>
I.1.1 Les avions.....	14
I.1.2 Les hydravions.....	14
I.1.3 Les giravions.....	14
I.1.4 Les planeurs.....	14
I.1.5 Les ballons.....	15
<b>I.2 Descriptions sommaire de l'avion on caractéristiques physiques des avions</b> .....	<b>15</b>
I.2.1 Le Groupe Motopropulseur.....	15
I.2.2 Le train d'atterrissage.....	15
I.2.3 La cellule.....	16
I.2.3.1 Bilan de masse d'un avion.....	16

<b>I.3 Classification Des Avions</b> .....	16
<b>I.3.1 Les Longs- Courriers (L.C)</b> .....	16
<b>I.3.2 Les Moyens- Courriers (M.C)</b> .....	16
<b>I.3.3 Les Courts- Courriers (C.C)</b> .....	16
<b>I.3.4 Les Avions De Voyage Et De Tourisme (V)</b> .....	17
<b>I.4 Evolution Probable Des Conceptions D'avions</b> .....	18
<b>II Détermination Du Trafic Aérien</b> .....	<b>18</b>
<b>II.1 Généralités</b> .....	18
<b>II.2 Mouvements</b> .....	18
<b>II.3 Passagers</b> .....	19
<b>II.4 Phénomène de Pointe-Pointe de Trafic à la 40<sup>ème</sup> heure</b> .....	19
<b>II.4.1 La 40<sup>ème</sup> heure</b> .....	20
<b>II.4.2 Trafic de pointe d'arrivée et de départ</b> .....	21
<b>II.4.3 Correspondance entre l'heure de pointe passagère et l'heure de pointes</b> .....	21
<b>II.4.4 Relation entre les trafics de pointe horaire et les trafics annuels</b> .....	21
<b>II.4.4.1 Trafic pressages</b> .....	21
<b>II.4.4.2 Trafic mouvements</b> .....	21
<b>II.4.5 Rapport entre la 40<sup>ème</sup> heure passager et la 40<sup>ème</sup> heure mouvement</b> .....	22
<b>II.4.6 Relation entre trafic de pointe horaire et le trafic du jour moyenne</b> .....	22

## **CHAPITRE 03 : Conception Générale Des Aérodrômes (Partie1)**

---

### **(Partie1)**

<b>1. Catégories D'aéronefs</b> .....	<b>24</b>
<b>1.1. Définition</b> .....	24
<b>2. Les Aérodrôme</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1. Rôle et destination d'un aérodrôme</b> .....	26
<b>2.2. Classification des Aérodrômes</b> .....	26
<b>2.2.1. Rôle de la classification</b> .....	26
<b>2.2.2. Limite de la classification</b> .....	27
<b>2.2.3. Systèmes possibles de classification</b> .....	27
<b>2.2.4. Classification initiale de l'O.A.C.I</b> .....	27
<b>2.2.5. Principes de la classification française</b> .....	28
<b>2.2.6. Classification de l'I.T.A.C. (Instruction Technique sur les Aérodrômes Civils)</b> .....	29
<b>2.2.7. Nouvelle classification de l'O.A.C.I</b> .....	30

### **(Partie2)**

<b>1. Constituants D'un Aérodrôme</b> .....	<b>32</b>
<b>2. Direction d'envol</b> .....	<b>32</b>
<b>2.1 Notion de fréquence d'utilisation</b> .....	32
<b>2.2 Notion de vent traversier</b> .....	32
<b>2.3. Coefficient d'utilisation d'une direction d'envol</b> .....	33
<b>3. Pistes d'envol</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1. Classification des pistes</b> .....	38
<b>3.1.1. Les pistes principales</b> .....	38
<b>3.1.2. Les pistes secondaires</b> .....	38
<b>3.2. Cas des Pistes Parallèles</b> .....	39
<b>3.3. Caractéristiques Géométriques</b> .....	39
<b>3.1.1. Longueurs des pistes</b> .....	39
<b>3.1.2. Les procédures opérationnelles</b> .....	40
<b>3.2. Piste avec prolongement d'arrêt et / ou prolongement dégagé</b> .....	43

3.3. Les distances déclarées.....	44
3.4. Profil en long de la piste.....	44
3.4.1. Pentes longitudinales.....	44
3.4.2. Changements de pente longitudinale.....	45
3.4.3. Distance de visibilité.....	46
3.4.4. Conditions de visibilité radioélectrique.....	46
3.5. Profils en travers de la piste.....	46
3.5.1 Type de profils.....	46
3.5.2. Résistance de piste.....	47
3.5.3. Accotement de piste.....	47
3.5.4 Tableau Récapitulatif.....	48
<b>4. Les Voies De Circulation.....</b>	<b>49</b>
4.1. Définition.....	49
4.2. Rôle.....	49
4.3. Emplacement.....	49
4.4. Implantation des voies.....	49
4.5. Tracé des voies de circulation.....	49
4.6. Intersections et congés.....	49
4.8. Largeur des voies.....	49
4.9. Virages des voies de circulation.....	50
4.10. Profil en long.....	51
4.11. Profil en travers.....	51
4.12. Accotements des voies de circulation.....	51
4.13. Recommandation générale.....	51
<b>5. Les Bandes De Piste.....</b>	<b>52</b>
5.1. Longueur de la bande.....	52
5.2. Largeur de la bande.....	52
5.3. Bande aménagée.....	53
5.4. Pentes de la bande.....	53
5.4.1. Pentes longitudinales.....	53
5.4.2. Profil en travers de la bande.....	53
5.5. Tableau récapitulatif.....	54
5.6. Différentes configurations de bandes.....	55
<b>6. Les Aires de Stationnement.....</b>	<b>55</b>
6.1. Définition.....	56
6.2. Front des installations.....	56
6.3. Organisation de l'aire de stationnement.....	56
6.4. Manœuvre et mode de stationnement.....	57
6.5. Positionnement de l'avion.....	59
6.6. Nombres et taille des postes de stationnement.....	60
6.7. Accotements des aires de stationnement.....	60
6.8. Pentes des aires de stationnement.....	60

## **CHAPITRE 04 : Chaussées & Assainissement Des Aérodromes**

<b>1. Chaussées Des Aérodromes.....</b>	<b>62</b>
1. Généralité.....	62
2. Spécificités Des Chaussées Aéronautiques.....	62
3. Structure Des Chaussées Aéronautiques.....	62

4. Type de Chaussées Aéronautiques.....	63
5. Choix d'un Type de Chaussée.....	64
6. Choix d'une Constitution de Chaussée.....	65
7. Notion D'épaisseur Equivalente.....	66
8. Durée de Vie d'une Chaussée Aéronautique.....	67
<b>2. Assainissement Des Aérodrômes.....</b>	<b>67</b>
1. Généralités.....	67
2. Etude du Réseau d'Assainissement.....	67
3. Assainissement des Eaux de Ruissellement.....	68
3.1. Dispositifs de collecte.....	68
3.2. Évacuation par fossés.....	69
4. Assainissement des Eaux Souterraines.....	69
5. Assainissement des Eaux Polluées.....	70
6. Dimensionnement des Ouvrages D'assainissement.....	70
6.1. Choix de la Fréquence des Averses à Adopter.....	71
6.2. Calcul des Ouvrages (fossés et buses).....	71
6.3. Les Ouvrages D'interception.....	71
6.4. Les Bassins.....	72
6.5. Résumé sur le Dimensionnement d'un Réseau de Drainage.....	72

## **CHAPITRE 05 : Balisage et Signalisation Des Aérodrômes**

---

1. Introduction.....	75
2. Balisage et Signalisation de Jour.....	75
2.1. Identification de l'aérodrome.....	75
2.2. Indicateur de la direction des vents (ou manche à vents).....	75
2.3. Indicateur de direction d'atterrissage.....	76
2.4. Marquage des pistes.....	76
2.4.1. Marques d'identification des pistes QFU.....	77
2.4.2. Marque d'axe de piste.....	78
2.4.3. Marque de seuils de pistes.....	78
2.4.4. Marques à distance constante.....	78
2.4.5. Marques de zone de touchée des roues.....	78
2.4.6. Marques latérales de piste.....	78
2.5. Marquage des voies de circulation.....	80
2.5.1 Marque axiales.....	80
2.5.2 Point d'attente.....	80
2.6. Postes de stationnement.....	80
2.6.1. Élément du système de guidage.....	80
2.6.2. Marque d'identification des postes.....	81
3. Balisage Et Signalisation De Nuit.....	81
3.1. Feux indispensables à l'aérodrome.....	81
3.1.1. Phare d'identification.....	81
3.1.2. Feux de piste.....	81
3.1.3. Feux des voies de circulation.....	82
3.1.4. Feux des aires de stationnement.....	83
3.2. Recommandations générales.....	83
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>85</b>

Chapitre 1

**GENERALITES SUR LES AERODROMES**

# Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

## 1. Définition du transport aérien

Le transport aérien est constitué par l'ensemble des activités consacrées au transport commercial par voie aérienne. Il concerne :

- Les passagers ;
- Le fret ;
- La poste.

## 2. Les avantages et les inconvénients du transport aérien

### Les avantages

- Le moyen le plus rapide pour les livraisons à longue distance
- Un mode de transport très sûr
- La régularité des vols permet de planifier les délais de livraison

### Les inconvénients

- Le risque d'accidents
- Les retards des vols ou annulations
- Douanes et accises
- Le fret aérien est coûteux
- Ne convient pas à tous les types de marchandises

## 3. Historique et Evolution du Transport Aérien

Les problèmes aéronautiques datent du 20<sup>ème</sup> siècle.

Ils ont pris une extension considérable et occupent, malgré leur jeunesse, une place importante dans la vie de la nation :

C'est en 1908 qu'eut lieu le premier vol avec passagers.

— La première ligne commerciale est la ligne Paris-Londres ; a été ouverte en 1919, après la première guerre mondiale, par un avion français provenant d'ailleurs de la guerre et qui était piloté par la personnalité aéronautique bien connue Bossoutrot (un aviateur et homme politique français, né le 16 mai 1890 à Tulle (Corrèze)).

Dés lors, 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 transformation commercial.

Ces vols océaniques se faisaient par hydravion.

Ce n'est qu'à partir de 1945 seulement, à la fin de la deuxième guerre mondiale, que ces vols commerciaux ont été faits par avion.

Quant à la première liaison transatlantique par quadricopteur elle date seulement 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.

En ce qui concerne l'Algérie:

— Dès 1925 une ligne postale latécoère fonctionnait entre Oran et Toulouse avec escale à Alicante.

- Puis un hydravion quotidien transporta des passagers entre l'arrière port d'Alger et le bassin de Berre avec escale à Alcudia.
- 1939 – 1945 : grand développement de l'aviation en Algérie devenue base de départ de l'armée de l'air anglo-saxonne avec deux grands aéroports :

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

- Maison Blanche à Alger avec les terrains militaires satellites de Réghaia, Boufarik, Blida.

- La Senia à Oran

— 1945 : création de la cie d'aviation Air Algerie à coté des lignes concurrentes d'Air France.

- 1959 : - 100 liaisons hebdomadaires avec la France
  - 15 lignes sur des villes algériennes ainsi que sur Casablanca et Tunis.
- Vers le Sud :
  - avant 1939 existaient une ligne du Hoggar.
  - à partir de 1949 : services quotidiens d'avions cargos et d'avions taxis vers le Sahara

Actuellement

— Une trentaine d'aéroports sont ouverts à la circulation aérienne publique (cf. tableau ci-contre)

— Douze ont le statut d'aéroport international.

Dans la réalité

— Six aéroports seulement de statut international, reçoivent des vols internationaux d'une façon régulière : Alger, Oran, Constantine, Annaba, Tlemcen et Bejaia.

— Le pouvoir de l'aéroport d'Alger dans le trafic aérien est très prononcé : plus de 85 % du trafic global.

AEROPORTS	TRAFIC PAX			MOUVEMENT	FRET(Tonnes)
	INTERNATIONAL	NATIONAL	TOTAL		
Alger	1.205.183	1.381.837	2.587.020	33.450	16.818
Oran	254.957	495.540	750.497	9.633	1.833
Constantine	209.481	331.377	540.858	7.166	811
Annaba	81.108	205.377	286.485	5.505	2.958
Ghardaia	5.019	90.555	95.574	2.499	224
Tamanrasset	1.693	109.902	111.595	1.767	356
H. Messaoud	37.155	410.723	447.878	7.771	2.963
Bejaia	80.501	49.651	130.152	1.974	0
Tlemcen	38.196	42.453	80.649	1.828	345
Djanet	0	27.068	27.068	618	234
Adrar	0	91.286	91.286	1.791	212
Tebessa	0	31.202	31.202	662	24
Tiaret	0	14.501	14.501	1.120	0
In Amenas	0	120.857	120.857	2.723	83
Biskra	22.632	48.549	71.181	1.669	52
B.B. Mokhtar	0	5.553	5.553	224	0
Batna	0	17.982	17.982	672	9
El Golea	0	10.422	10.422	924	4
El Oued	0	35.904	35.904	850	52
Hassi R'Mel	0	36.489	36.489	438	7
Illizi	0	36.162	36.162	782	52
In Guezzam	0	0	0	0	0
In Salah	0	32.372	32.372	1.006	4
Jijel	3	31.670	31.673	958	2
Mascara	0	2.583	2.583	608	0
Ouargla	2.529	81.528	84.057	2.504	199
Timimoun	0	19.682	19.682	396	0
Tindouf	24.299	54.704	79.003	1.634	20
Touggourt	0	12.995	12.995	583	3
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1.962.756</b>	<b>3.828.924</b>	<b>5.791.680</b>	<b>91.755</b>	<b>320.134</b>

**Tableau.1** : Organisation du système aéroportuaire (*Trafic aéroportuaire (1999)*)

[Réf : Organisation et carte du système aéroportuaire en Algérie. Wikipédia]

### 4. Que transporte-t-on par air ?

#### 4.1. Le transport des passagers

Pendant longtemps le transport aérien a concerné une majorité de personnes, mais, les derniers sondages ont montré que ce n'est plus le cas :

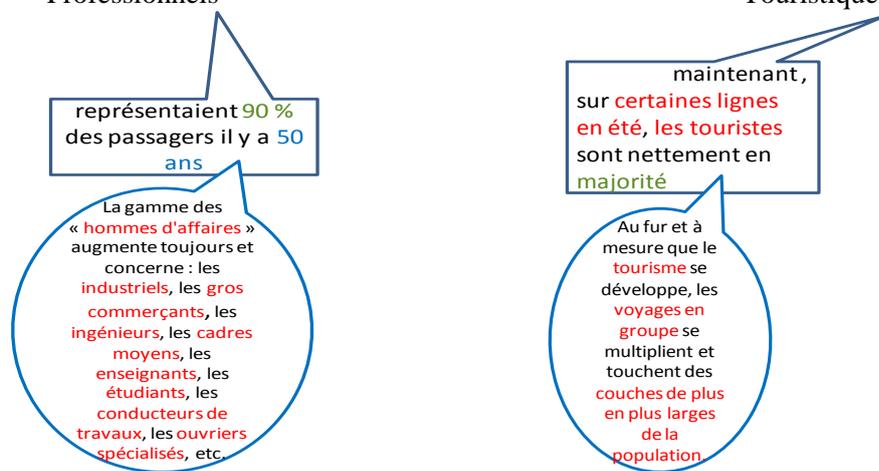
## Chapitre 1 Généralités sur les Aérodrômes

- En 1978, 63 % des américains avaient voyagé en avion au moins une fois dans leur vie, alors qu'en 1960 cette proportion était de 30 %.
- Au cours de la seule année 1978, 25 % des adultes américains ont voyagé par air une fois.
- En 1978, 7 % des français ont voyagé au moins une fois, cette proportion était de 13 % dans la région parisienne.

- Les personnes voyagent généralement pour les motifs :

— Professionnels

— Touristiques



## 4.2. Le transport de marchandises (fret)

### 4.2.1. Définition

Le fret aérien désigne les marchandises transportées d'un aéroport à un autre par une compagnie aérienne, on distingue selon le mode d'acheminement :

- Le fret tout cargo, transporté par avion cargo, avion spécialisé, exclusivement équipé pour transporter, que des marchandises et offrant un fort volume d'emport (jusqu'à 100 t).
- Le fret mixte, transporté par avion mixte ou avion "combi", transportant à la fois des passagers et du fret ; ce type de transport augmente rapidement compte tenu de la recherche d'une meilleure rentabilité par une meilleure utilisation des aéronefs.
- Le fret voie de surface, transporté par tout autre moyen, camion par exemple.

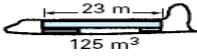
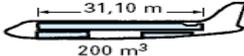
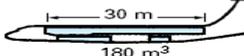
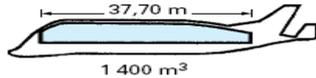
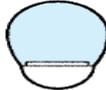
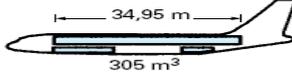
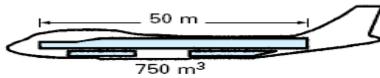
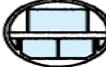
		Rayon d'action	Charge utile	
DC3		1 200 km	3 t	
DC6		3 600 km	10 t	
DC8		8 000 km	40 t	
B707		8 000 km	40 t	
A300-600ST « Beluga »		1 670 km 2 780 km	47 t 40 t	
Airbus		5 000 km	50 t	
B747		9 000 km	105 t	

Figure.1 : Évolution de la flotte aérienne cargo  
[Réf : Techniques de l'Ingénieur C 4 121 2014]

## Chapitre 1 Généralités sur les Aérodrômes



**Figure.2** : Pont principal d'un B747 cargo.  
[Réf : Techniques de l'Ingénieur C 4 121 2014]

### 4.2.2. Evolution

Le fret aérien fut d'abord une activité marginale on chargeait quelques Aliments fragiles, chères, légères et peu désagréables dans les soutes à bagages.

— En 1945, le trafic mondial de messageries était évalué à 110 millions de *tonnes kilométriques transportées*

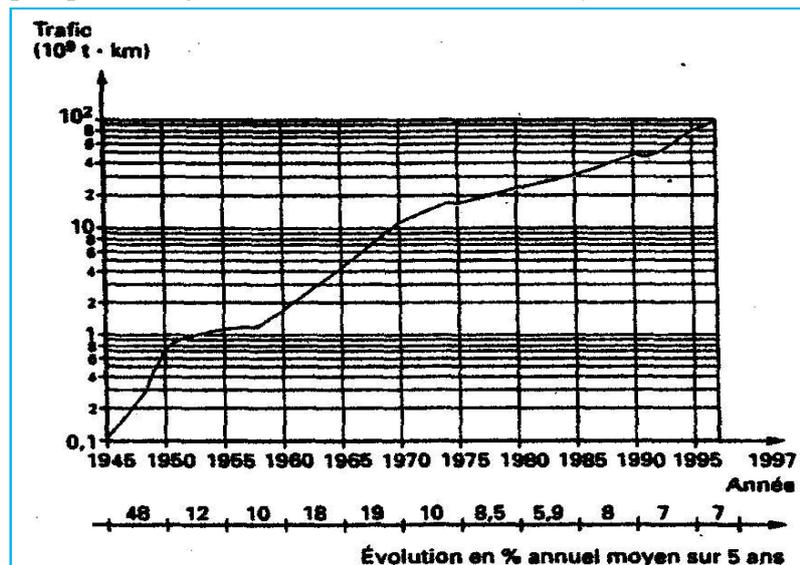
— En 1965, ce sont 5 milliards de tonnes kilométriques de fret qui empruntent la voie aérienne.

— Entre 1960 et 1970, il a été multiplié par 6 ce qui représente un accroissement moyen annuel de 20 % environ.

Dans les années 60, le fret aérien mondial a connu une très forte augmentation

— En 1975, le trafic mondial de fret aérien dépasse 19 milliards de tonne kilométriques, pour franchir la barre de 28 milliards en 1979.

— Depuis 1990, après la baisse de trafic liée à la crise de la guerre du Golfe, cette tendance s'est confirmée puisqu'on enregistre une croissance annuelle moyenne d'environ 7 %.



**Figure.3** : Evolution du trafic annuel mondial.  
[Réf : Manuel de conception des aérodrômes]

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

### 4.2.3 Causes

Ce développement si spectaculaire, s'explique par deux raisons :

#### Les facteurs économiques

En premier lieu, il est lié à :

- la multiplication des échanges économiques entre pays, en relation avec la globalisation croissante de l'économie mondiale.
- Celle-ci est elle-même accélérée par des accords commerciaux à l'échelle du globe comme le GATT, ou à caractère régional comme le marché unique européen, le NAFTA (États-Unis, Canada, Mexique), l'ASEAN qui regroupe les pays de l'Asie du Sud-Est ou encore pour l'Amérique du Sud.

#### L'apparition des gros porteurs

- L'apparition des avions cargos, tels que le Boeing B707F et le Douglas DC8F en 1965, d'une capacité d'emport de 30 à 40 t
- Puis, les gros porteurs, tels que le DC 10 et notamment le B747 "tout cargo", en 1975, le premier avion commercial réellement adapté au fret aérien, qui a apporté un changement d'échelle en atteignant plus de 100 t de charge utile (90 à 120 tonnes dans le B 747 "Super Pélican" avec 670 m<sup>3</sup> de volume utilisable) (cf. Fig. I-2).
- L'apparition aussi des appareils "*combinés*" passagers-fret, où celui-ci est chargé non seulement dans les soutes, mais aussi dans un compartiment spécial de la cabine passagers.

**Remarque :** Ces vastes ensembles politico-économiques génèrent un développement des échanges de marchandises et donc une croissance du fret aérien.

- Ainsi que, les appareils « mixtes »
  - \* dont le pont principal est réservé aux passagers,
  - \* dont les soutes acceptent bagages et fret.

*Les soutes d'un B 747 ou d'un DC 10 mixte ont une capacité d'emport de 18 tonnes.*

Plus récemment sont apparus des appareils de capacité encore supérieure à celle du B747 cargo, comme le Super Guppy de Boeing, le Super Transporter A300-600 ST d'Airbus, surnommé Béluga, utilisé pour le transport de fuselages ou d'ailes, l' AN 124 d'Antonov, capable d'emporter jusqu'à 150 t, ou le C17 Galaxie de McDonnell Douglas.

Ces appareils restent dédiés à du fret spécifique hors norme ou à une utilisation militaire (C17). Le nombre d'exemplaires est limité.

l'embarquement de marchandises à bord d'un avion se fait dans des *conteneurs spéciaux* permettant la rationalisation du fret, favorisée par l'apparition du B747 cargo, accueillant des palettes équivalentes en taille à celles utilisées par les transports ferroviaire, maritime et routier (cf. Fig. I-3).

Ceci a réduit au minimum les frais :

- D'emballage (pas de choc)
- D'assurances (pas de risques).
- La rapidité du transport entraîne la réduction des intérêts sur le capital immobilisé que représente la marchandise en cours de transport
- La fréquence des dessertes permet de diminuer le stock.

Il offre un gain de temps précieux pour les entreprises qui appliquent des *méthodes de gestion en flux tendu* :

*Justement, l'internationalisation de ces méthodes de gestion de production à flux tendu, que connaît l'économie mondiale actuellement, est la troisième raison, qui a rendu l'avion de plus en plus indispensable aux entreprises.*

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

*Cela s'est traduit en particulier par :*

*L'essor considérable du fret dit "express" depuis les années 80 qui représentent le premier facteur de croissance du trafic fret : Il s'agit du transport de petits colis, dans des délais rapides, d'aéroport à aéroport et surtout de domicile à domicile.*

*Tous ces motifs, entre autres, font qu'en dépit de tarifs de base plus élevés que ceux des autres modes de transport, la voie aérienne s'avère, au bout du compte, un choix économique, surtout pour les produits élaborés à forte valeur marchande.*

Dans son développement permanent le transport de fret atteint chaque jour de nouvelles catégories de marchandises et les denrées transportées par avion sont de plus en plus diversifiées. On note, entre autres :

- Les produits chimiques ou dangereux.
- Les animaux vivants (poussins, chevaux, veaux).
- Les divers partis de l'Airbus montés à Toulouse.
- entre 1975 et 1979, des éléments de voitures fabriqués à Sochaux et transportés au Nigeria.
- 50 000 tonnes/an de prêt-à-porter de Delhi aux Indes à Paris puis partiellement réexpédiés par voie routière sur d'autres pays d'Europe occidentale (prix Delhi-Paris à l'époque en 1979 10 F le kg environ).

### 4.3. La Poste

Cette activité a commencé avec la distribution des journaux.

C'est l'activité la plus ancienne du transport aérien :

L'épopée de l'aéropostale des années 30 entre Toulouse, Dakar et l'Amérique du Sud.

Maintenant le courrier postal est acheminé à 100 % par avion sur les liaisons internationales et le trafic se développe au rythme de 0,5 à 1 % par an.

## 5. Caractéristiques du transport aérien

Les principales caractéristiques du transport aérien que nous examinerons successivement portent sur les six points suivants :

- 1 - la *capacité*
- 2 - la *vitesse*
- 3 - le *rayon d'action*
- 4 - la *régularité*
- 5 - la *sécurité*
- 6 - le *confort*
- 7 - La *commodité d'emploi*

En fait, l'étude d'un moyen de transport doit porter sur huit points, en plus des sept cités ci-dessus, il y a le point concernant les prix et la consommation d'énergie qui seront étudiés à part.

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

### 6. Réglementation Du Transport Aérien

#### 6.1. Historique

Contrairement au trafic maritime, dont le principe fondamental est la liberté des mers le transport aérien s'est vu soumis dès l'origine à un régime d'autorisation préalable, essentiellement dû au caractère international de l'aéronautique. Chaque pays désireux de recevoir du trafic aérien en provenance ou à destination de l'étranger :

- ne peut pas organiser son aviation, son infrastructure comme il l'entend ;
- il ne peut adopter des règlements élaborés à sa guise.

Donc, dès la fin de la première guerre mondiale, il est apparu indispensable de codifier, d'uniformiser à l'échelon international les règles de navigation aérienne.

C'est ainsi que fut signé le 13 Octobre 1919 par 33 Etats alliés la convention de Paris, qui constituait : le premier code de la route aérienne

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

#### 6.2. Les accords internationaux

##### 6.2.1. La convention de Varsovie (Octobre 1929)

- Elle a établi les normes d'établissement des titres de transport (billets de voyages, lettres de transport aérien pour le fret).
- Elle a défini la responsabilité des compagnies vis-à-vis de leurs clients. Ces règles de responsabilité (établies dans un sens restrictif et protecteur des compagnies), ont été révisées à plusieurs reprises depuis

##### 6.2.2. La convention de Chicago (Nov. – Déc. 1944)

Avant la fin de la deuxième guerre mondiale, en 1944 à l'initiative les Etats Unis, se tint à Chicago une conférence internationale qui aboutit à la signature de la convention de Chicago

Le but de cette conférence était de :

- définir un cadre réglementaire pour que le développement du transport aérien se fasse de façon ordonnée, 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 ;
- édicté 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)
- établi une distinction entre le transport régulier (effectué suivant des horaires préétablis permanents), et le transport non régulier ;
- élaboré un cadre réglementaire d'exploitation de transport aérien :

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

Les cinq libertés de l'air :

<sup>1<sup>ème</sup></sup> liberté : droit de franchissement d'un territoire en survol sans atterrissage.

<sup>2<sup>ème</sup></sup> 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.

- <sup>3<sup>ème</sup></sup> liberté : droit de débarquer passagers, fret et poste en provenance de l'Etat dont l'aéronef possède la nationalité.
- <sup>4<sup>ème</sup></sup> liberté : droit d'embarquer des passagers, fret et poste à destination du territoire de l'Etat dont l'aéronef possède la nationalité.
- <sup>5<sup>ème</sup></sup> 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 :

- 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
- le transport non régulier : est plus libre, en revanche.

### 6.2.3. La convention de Rome (Octobre 1952)

Elle a fixé : les règles internationales applicables en matière de dommages causés au sol par des aéronefs étrangers.

### 6.2.4. La convention de La Haye (Décembre 1970)

Sur : les détournements d'avions.

### 6.2.5. La convention de Montréal (Septembre 1971)

Sur : le sabotage des aéronefs.

- Ces trois dernières conventions ont pour but de fixer des règlements internationaux s'appliquant aux situations anormales dans lesquelles peut se trouver un aéronef.
- Dès qu'une nouvelle situation se crée et se trouve souvent sur différents points du globe, les instances internationales se réunissent et créent une nouvelle convention.

## 6.3. Les organisations internationales

### 6.3.1. L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) (ou charte OACI)

L'avion est par excellence un moyen de transport international : le grand transport aérien est à l'échelle du monde et se joue des frontières ; aussi est-ce à l'échelon international que doivent être étudiés les principaux problèmes techniques et économiques que pose l'aviation commerciale internationale.

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.), qui dépend de l'ONU (au même titre que l'OMS. ou l'Unesco), Le siège social de l'OACI se situe à Montréal au Canada. L'OACI, qui compte 185 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.

## Chapitre 1 Généralités sur les Aérodrômes



(Sigle de l'OACI)

### 6.3.1.1. OBJECTIFS DE L'OACI

L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) a pour buts et objectifs d'élaborer les principes et les techniques de la navigation aérienne internationale et de promouvoir la planification et le développement sur et ordonné des services internationaux de transport aérien sur la base de l'égalité des chances, de manière a :

- Assurer le développement ordonné et sûr de l'aviation civile internationale dans le monde;
- Encourager les techniques de conception et d'exploitation des aéronefs à des fins pacifiques;
- Encourager le développement des voies aériennes, des aéroports et des installations et services de navigation aérienne pour l'aviation civile internationale ;
- Répondre aux aspirations des peuples du monde en matière de transport aérien sûr, régulier, efficace et économique;
- Prévenir le gaspillage économique qui résulterait d'une concurrence déraisonnable;
- Veiller au respect intégral des droits des Etats contractants et donner à chaque Etat contractant une possibilité équitable d'exploiter des entreprises de transport aérien international;
- Éviter la discrimination entre les Etats contractants;
- Promouvoir la sécurité de vol dans la navigation aérienne internationale ;
- Favoriser le développement de l'aéronautique civile internationale sous tous ses aspects.

### 6.3.1.2. 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.

### 6.3.1.3. 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 a 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.

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

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 différends 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'engagent 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.

### 6.3.1.4. LES ANNEXES A LA CONVENTION DE CHICAGO

Dans le domaine de la coordination technique, tâche nettement définie de l'OACI, son action se traduit par la publication, pour toutes les spécialités techniques du transport aérien, de règles ayant pour objet d'assurer de par le monde, l'uniformité des règlements et des méthodes. Pour une même spécialité, ces règles sont groupées en un document unique qui constitue une annexe à la convention de Chicago.

Les annexes à la convention de Chicago sont les suivantes :

- **Annexe 1:** Licences du personnel
- **Annexe 2:** Les Règles de l'air
- **Annexe 3:** La météorologie
- **Annexe 4:** Les cartes aéronautiques
- **Annexe 5:** Unités de mesure dans les communications air-sol
- **Annexe 6:** L'exploitation technique des aéronefs de transport
- **Annexe 7:** Marques de nationalité et immatriculation des aéronefs
- **Annexe 8:** Certificats de navigabilité des aéronefs
- **Annexe 9:** Facilitations
- **Annexe 10:** Télécommunications aéronautiques
- **Annexe 11:** Services de circulation aérienne
- **Annexe 12:** Recherche et sauvetage
- **Annexe 13:** Enquêtes sur les accidents d'aviation
- **Annexe 14:** Aéroports et installations au sol
- **Annexe 15:** Service d'information aéronautique

C'est dans le cadre de ces règles internationales fixant en général le minimum imposé dans un but de sécurité et d'uniformisation des procédures et des méthodes, que s'élaborent les réglementations nationales propres à chaque pays contractant qui seront diffusées sous forme d'instructions ou de circulaires. Les différences doivent être transmises à l'OACI.

### 6.3.1.5. DISPOSITIONS CONSTITUANTES 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 :

## Chapitre 1 Généralités sur les Aéroports

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.

### 6.3.2. L'Eurocontrol

L'Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien supérieur : 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.

### 6.3.3. L'Association du transport aérien international (IATA) (International Air Transportation Association)

C'est une association non pas d'Etats, mais de compagnies aériennes privées, créée en 1945, et siégeant à Montréal :

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

Elle est à la fois :

- 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.

Ses buts (article 3 de ses statuts) :

— 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.

— coopérer avec l'OACI et les autres organismes internationaux.

Cet organisme joue un rôle essentiel :

- Car, les compagnies aériennes vendent des billets dans le monde entier, dans des monnaies différentes et sont donc particulièrement sensibles aux fluctuations monétaires.
- De même, elles ont à s'échanger, entre elles, très rapidement, de fortes quantités de devises.

Ce mécanisme permet :

- l'interchangeabilité des billets
- le passage d'une compagnie à une autre sans difficultés.

Chapitre 2

**MATÉRIEL AÉRIEN**

### I Différents Types « Classification des aéronefs »

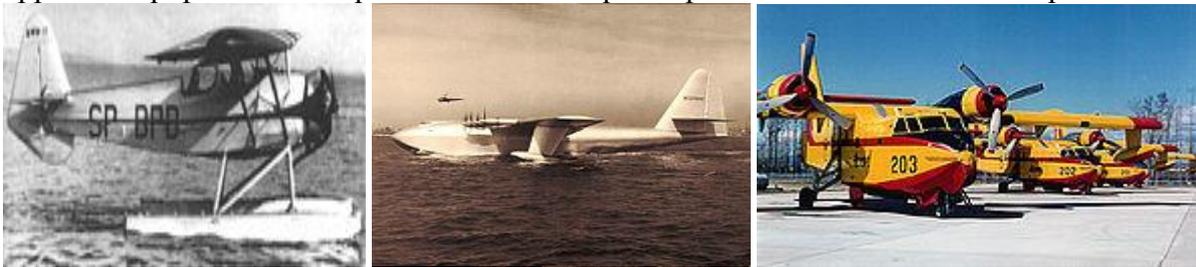
#### I.1 Catégories d'aéronefs

On distingue plusieurs sortes d'aéronefs :

- Les avions
- Les hydravions
- Les giravions
- Les planeurs
- Les ballons.

**I.1.1 Les avions** : ce sont des aéronefs à moteurs et ailes fixes ; et sont dans la pratique les seuls utilisés pour le transport aérien et commercial.

**I.1.2 Les hydravions** : ce sont des avions conçus pour manœuvrer sur l'eau. Ce sont des appareils équipés d'une coque ou de flotteurs qui lui permettent de décoller d'un plan d'eau.



Un hydravion polonais RWD-17W. Le « Spruce Goose » du milliardaire américain Howard Hughes en 1947.

[<https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydravion>]

**I.1.3 Les giravions** : sont des avions sustentés (entretenus) par des ailes rotatifs exemple L'hélicoptère qui est le seul type rencontré actuellement et qui commence à l'utiliser pour le transport de passagers.



[[http://espace.clg.alain.pagesperso-orange.fr/aeronautique/aeronef/Aerodynes/les\\_giravions.htm](http://espace.clg.alain.pagesperso-orange.fr/aeronautique/aeronef/Aerodynes/les_giravions.htm)]

**I.1.4 Les planeurs** : ce sont des avions sans moteurs ; ils sont lancés par des avions, ils volent en s'aidant des courants ascendants actuellement on commence à l'utiliser pour le sports arien.



ASW 20 en phase d'atterrissage

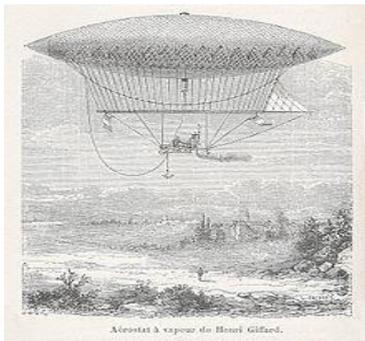
Début de treuillée d'un ASK13

Robin DR-400

[<https://fr.wikipedia.org/wiki/Planeur>]

## Chapitre 2 Matériel Aérien

**I.1.5 Les ballons** : ce sont des aéronefs qui n'utilisent pas de phénomène de portance pour se soutenir dans l'air, mais le principe de fonctionnement est le principe d'Archimède.



Le dirigeable à vapeur d'Henri Giffard. Le mât d'ancrage de la marine de guerre.



Le dirigeable MZ-3 de l'US Navy.

[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Ballon\\_dirigeable](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ballon_dirigeable)]

## I.2 Descriptions sommaire de l'avion on caractéristiques physiques des avions

Un avion est composé de trois éléments principaux :

- 1) le groupe motopropulseur ;
- 2) la cellule (le fuselage et la voiles on surface portante) ;
- 3) le train d'atterrissage.

### I.2.1 Le Groupe Motopropulseur

Ce sont en général : les moteurs et les réacteurs.

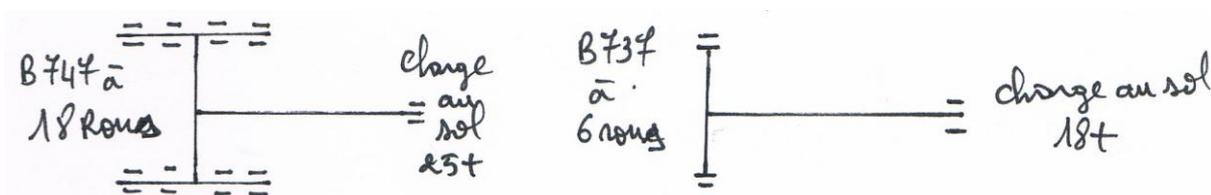
### I.2.2 Le train d'atterrissage

Il est constitué par :

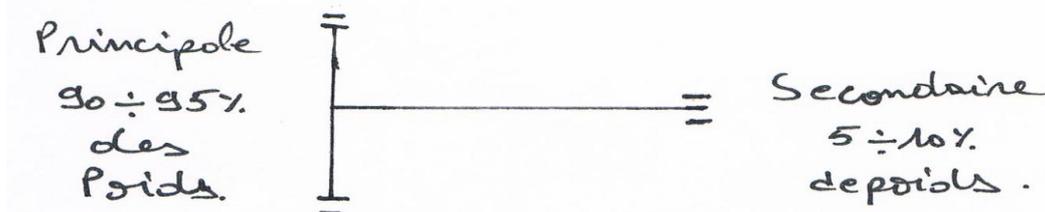
- des atterrisseurs principaux situés dans les ailes
- des atterrisseurs secondaires.



**Définition** : un atterrisseur de signe l'ensemble des roues montées une même jambe l'ensemble des attends sens constitué le train d'atterrissage.



Les atterrisseurs principaux supportent entre 90 à 95% du poids total de l'avion suivant le centre de gravité de celui-ci.



### I.2.3 La cellule

La cellule est l'ensemble des éléments non mécaniques de l'avion ; elle comporte :

- 1) Le fuselage ;
- 2) Les ails ;
- 3) L'empannage.

Un des éléments principaux de la cellule est évidemment sa capacité (volume des soutes et le nombre de sièges) ; on cherche toujours à avoir un volume aussi grand que possible pour un poids aussi faible que possible. Le volume sert à contenir :

- **Les passagers et leurs bagages**
- **Le fret**
- **Le carburant** : il est logé dans les ailes en général, ce qui favorise l'épaisseur des profils modern.

#### I.2.3.1 Bilan de masse d'un avion

Le poids d'un avion se partage entre :

- Poids des passagers et de leurs bagages
- Poids de fret.
- Charge utile on payante
- Poids du carburant
- Poids de la cellule du train d'atterrissage et des moteurs.

Exemple : la répartition en poids pour un long courrier classique de l'avion B707 est environ :

- 50% la cellule et les moteurs
- 40% le carburant
- 10% la charge utile

\*) Pour un court-courrier

- La charge payante peut atteindre 35%
- Le poids du carburant 15à20%

## I.3 Classification Des Avions

Habituellement, on distingue les catégories suivantes :

- Les longs- courriers (L.C)
- Les moyens- courriers (M.C)
- Les courts- courriers (C.C)
- Les avions de voyage et de tourisme (V)

### I.3.1 Les Longs- Courriers (L.C)

Ce sont des avions lourds

Étape est comprise entre 3000à10000km

Ils ont une grande capacité.

**Exemple** : B747, DC10....etc

### I.3.2 Les Moyens- Courriers (M.C)

Elles doivent desservir normalement des étapes de 1000à 3000km

Leur capacité et leur poids sont très variables

**Exemple** : B727, B737, DC10, Airbus, ....etc

### I.3.3 Les Courts- Courriers (C.C)

Étapes desservir inférieur à 1000 km

Les types d'appareils sont très divers en capacité et performances.

**Exemple** : Fokker 27 (turbo- propulseur) ; Fokker28 (biréacteur) ; caravane

### I.3.4 Les Avions De Voyage Et De Tourisme (V)

Cette catégorie en globe :

- 1) L'aviation d'affaire, qui part utiliser par exemple : biréacteur (10places et 12tons) ;
- 2) L'aviation du travail aérien (avion taxi, publicité ; photographie, agriculture... etc), utilise des monomoteurs ou des d biréacteur généralement (CESSNA ; PIPER ou BEECHCRAFT).



CESSNA 152

[[https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna\\_152](https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_152)]



Cessna 404 Titan

[[https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna\\_404\\_Titan](https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_404_Titan)]



Cessna CitationJet

[[https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna\\_CitationJet/M2](https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_CitationJet/M2)]



Piper Cub J-3

[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Piper\\_Cub](https://fr.wikipedia.org/wiki/Piper_Cub)]



Piper PA-28

[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Piper\\_PA-28](https://fr.wikipedia.org/wiki/Piper_PA-28)]



Beechcraft B1900D d'Atlantique Air Assistance

[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Beechcraft\\_1900](https://fr.wikipedia.org/wiki/Beechcraft_1900)]

- 3) l'aviation de tourisme pratiquée dans les aéro-clubs elle utilise souvent les monomoteurs (CESSNA ; ROBIN SOCATA.....etc).



Robin R3000/160

[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Robin\\_R3000](https://fr.wikipedia.org/wiki/Robin_R3000)]



R 3000

[[https://en.wikipedia.org/wiki/Robin\\_R3000](https://en.wikipedia.org/wiki/Robin_R3000)]

### I.4 Evolution Probable Des Conceptions D'avions

L'évolution générale d'avions repera à l'objective dépend :

- d'abord abaisse les couts d'exploitation directe des matériels par des écoule de carburant.
- en suite rendre les nouveau avion à la fois compatible avec l'infrastructure existante avec sont environnement
- Les efforts porteront sur les éléments suivants :
  - 1) Propulseurs plus efficaces
  - 2) Retour au turbo- propulseur avec de nouvelles hélices
  - 3) Progrès dans l'aérodynamique
  - 4) Progrès dans les matériaux
  - 5) Progrès dans les systèmes de commande et de navigation.

## II Détermination Du Trafic Aérien

### II.1 Généralités

- Un aéroport doit être conçu pour traiter les flux :
  - D'avions ;
  - De passages ;
  - De fret ;
  - Par conséquent des voitures.
- La capacité des aéroports est exprimée en **Débit**
- Parmi les données de base d'un projet sont les prévisions de trafic :
  - Nombre de mouvements ;
  - Nombre de passagers ;
  - La quantité de fret (poste).
- On examinera
  - Trafic local ou trafic transit ;
  - Trafic naturel ou trafic international ;
  - Trafic arrivée et trafic départ ;
  - Trafic ligne par ligne.
- On détermine
  - Le mois le plus chargé ;
  - La semaine la plus chargés ;
  - Le week-end le plus chargés (exemple : aide...etc)

### II.2 Mouvements

Définition : un mouvement est constitué par un **décollage** ou un **atterrissage**, le nombre de mouvement caractérise le trafic d'un aéroport.

**Exemple** : un avion en escale on donc 2 mouvements un atterrissage à son arrivée et un décollage au départ.

- Il conviendra de séparer :
  - Les mouvements de l'aviation commerciale ;
  - Les mouvements de l'aviation de voyage ;
  - Les mouvements de l'aviation légère et sportive.
- Le nombre de mouvement annuel donne une caractéristique globale de l'aérodrome considéré.

**Exemple** : >400 000Mvts/ans pour les grands aéroports américains.  
>250 000Mvts/ans pour les grands aéroports Européens.

### II.3 Passagers

Le trafic est aussi caractérisé par le nombre de passagers

**Exemple** : >60 millions de passagers/ans pour les grands aéroports américains.

>20 millions de passagers/ans pour les grands aéroports Européens.

10 000 à 100 000 de passagers/ans pour les petits aéroports

On distingue :

**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 un 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.

Dans hommes d'affaire :

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

Dans touristes :

- Utilisaient 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 mouvements d'avions est lié au 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.4 Phénomène de Pointe-Pointe de Trafic à la 40<sup>ème</sup> heure

- Le trafic n'est jamais réparti uniformément dans le temps ;

- Il y a des moments de l'année ou l'aéroport à traites le plus grand nombre de passagers (avions) : c'est aussi appelé le phénomène de pointe par conséquent la notion de pointe du trafic.

Ces phénomènes de pointes sont d'une importance fondamentale car :

- Le trafic annuel représente l'importance de l'aéroport et son poids économique ;
- alors que les phénomènes de pointe servent au dimensionnement.

## Chapitre 2 Matériel Aérien

La pointe saisonnière (passagère) : le trafic saisonnière  $\approx 28\%$  de trafic annuel en général pour les aéroports ou le trafic est bien réparti.

La pointe mensuelle : correspondent au mois le plus chargé, la pointe mensuelle  $\approx 10\%$  à  $18\%$ .

La pointe hebdomadaire : elle n'est pas utilisée généralement.

La pointe journalière : il s'agit du jour le plus chargée de l'année.

La pointe horaire : c'est la grandeur la plus intéressante à étudier car il s'agit du coefficient de pointe utilisé pour les dimensionnements de différentes parties de l'aéroport.

### II.4.1 La 40<sup>ème</sup> heure

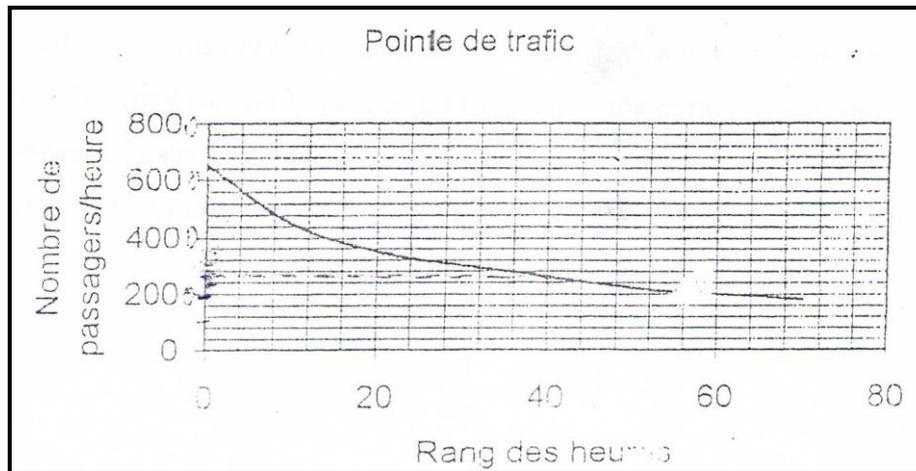
Le dimensionnement ne se fait pas à l'aide de l'heure de pointe la plus élevée de l'année car ce serait un **lux excessif**. D'un point de vue économique c'est un surdimensionnement cher puisque pendant les 8759 autres heures de l'année l'aéroport serait sous-utilisé.

Il s'agit de trouver une pointe horaire qui se répète assez souvent généralement  $>30$  fois par année.

Le problème est coïncé par étaler une courbe de débit horaires classés :

Pendant une année, on repère les périodes de pointe, les heures de pointes de ces périodes (trafic écoulé pendant chacune de ces heures) puis on classe ces heures par trafic décroissant.

Une courbe monte décroissante donnant le nombre d'heures pendant les quelles le trafic a dépassé telle ou telle valeur.



**tp** : trafic passagers de pointe de la 40<sup>ème</sup> heure.

C'est sur la base de cette courbe que l'on choisira l'heure de pointe caractéristique qui servira au dimensionnement.

Le choix du rang de l'heure doit être :

Suffisamment élevé pour que les phénomènes irréguliers et non prévisibles dans points extrêmes ne soient pris en compte tel que :

- Irrégularités de la demande
- circulation aérienne (vent ; brouillard....etc) au niveau des aéroports, retardement de traitement des passager.

D'après l'étude ces événements imprévus n'affectent que les 20 aux 30 premiers heures les plus chargées.

Un équilibre entre un équipement surdimensionné et une quantité de service mauvaise pendant un certain nombre d'heures usuellement on prend la 40<sup>ème</sup> ou 50<sup>ème</sup> heures.

En France ; l'heure de pointe retenue pour dimensionner est à la 40<sup>ème</sup>.

#### Remarque

Il n'y a pas en générale de simultanéité des pointes, donc pas de la superposition.

Le trafic de pointe total  $\neq$  trafic de pointe nationale + trafic de pointe internationale

### II.4.2 Trafic de pointe d'arrivée et de départ

Les points horaires, arrivée et départ ne sont simultanées nécessairement donc, il faut distinguer :

- Heure de pointe arrivée+départ+transit
- Heure de pointe arrivée ou départ

**Le trafic horaire total à l'arrivée+départ+transit  $\neq$  trafic horaire arrivée+trafic horaire de départ.**

D'où d'après les études, on a trafic de l'horaire de pointe arrivée (on départ se situé aux environ de 65%)

$$\mathbf{T_a = 0.65 * T(a+d+t)}$$

$$\mathbf{T_d = 0.65 * T(a+d+t)}$$

**T<sub>a</sub>** : trafic de point horaire à l'arrivée

**T<sub>d</sub>** : trafic de point horaire au départ

**T(a+d+t)** : trafic de point horaire total (arrivée, départ et transit)

### II.4.3 Correspondance entre l'heure de pointe passagère et l'heure de pointes mouvements

\*) les heurs de pointe passagers et les heurs de pointe mouvements peuvent coïncider pour les aéroports recevant les avions moyen –courriers (**M.C**) donc ce cas on a un nombre de passagers par mouvement en heur de pointe qui se rapproche du nombre moyen annuel de passagers par mouvement.

\*) en revanche, lorsque l'aéroport recevra de long-courriers (**L.C**) ce ci n'est plus valable.

- L'heur de pointe passager aura lieu au moment de l'arrivée de l'avion ;
- Alors que, l'heur de pointe mouvement aura lieu de 1 heure à 2 heures plus tard lorsque les passagers de (**L.C**) reportent sur plusieurs destinations en (**C.C**).

### II.4.4 Relation entre les trafics de pointe horaire et les trafics annuels

#### II.4.4.1 Trafic pressages

Les études effectuées sur plusieurs aéroports européens ont permis de tracer une courbe qui traduit la relation entre 40<sup>ème</sup> heure de pointe du trafic passager **tp** et le trafic annuel passager **Tp**. cette relation peut s'écrire pour les aéroports de plus de 2 millions de passager.

$$\mathbf{tp=400+315Tp}$$

**Avec**

**tp** : trafic de la 40<sup>ème</sup> heure ou heure de pointe caractéristique

**Tp** : trafic de passagers annuel compté en millions.

#### II.4.4.2 Trafic mouvements

De la même façon, une courbe à été tracée représentant la relation entre le nombre de mouvement en 40<sup>ème</sup> heures **tm** et le nombre de mouvement annuel **Tm** on a approximation, la relation suivante :

$$\mathbf{tm=5+0.27Tm}$$

**Avec**

**tm** : trafic de la 40<sup>ème</sup> heure ou heure de pointe caractéristique

**Tm** : nombre de mouvements commerciaux annuels compté en millions.

## Chapitre 2 Matériel Aérien

### II.4.5 Rapport entre la 40<sup>ème</sup> heure passager et la 40<sup>ème</sup> heure mouvement

La relation entre la 40<sup>ème</sup> heure passager et 40<sup>ème</sup> heure mouvements et le nombre moyen de passager par mouvement est :

$$tp = 1.15 * n * tm$$

Avec

**tp** : nombre de passagers en heure de pointe passagers

**tm** : nombre de mouvements en heure de pointe mouvement

**n** : nombre de passager par mouvement

**n = nombre de sièges \* coefficient de remplissage**

Avec coefficient de remplissage : 0.6 a 0.65 a 0.70

### II.4.6 Relation entre trafic de pointe horaire et le trafic du jour moyen

On peut également utiliser la relation linéaire existant entre le trafic de 40<sup>ème</sup> heure et le trafic du jour moyen (**jm**)

$$tp = a * jm$$

Avec

**jm** : trafic de jour moyen = trafic total annuel / 365.

**a** : coefficient variant de  $\begin{cases} 0.10 : \text{aéroport à très fort trafic régulier} \\ 0.30 : \text{aéroport à très fort trafic charter très concentré} \end{cases}$

Chapitre 3

**CONCEPTION GENERALE DES  
AEORODROMES  
(Partie 1)**





## 2. Les Aérodrôme

### 2.1. Destination d'un aérodrôme

On distingue schématiquement trois grands rôles, correspondant chacun à une procédure de création et d'exploitation distincte.

①– Rôle militaire de Défense Nationale :

C'est historiquement le rôle le plus ancien. L'aviation, devenue une arme à part entière dès 1915, s'est beaucoup développée pour des buts militaires, et jusqu'en 1945, où la totalité des aérodrômes, y compris tous les aéroports, étaient sous contrôle de l'Armée de l'Air. L'aviation civile n'a réellement commencé à exister qu'à partir de la convention de Chicago.

②– Rôle commercial, industriel et de tourisme :

C'est celui auquel on pense le plus fréquemment lorsqu'on pense aéroport. L'utilisation d'une plateforme aéroportuaire permet de :

- faciliter les déplacements des personnes et des biens (fret aérien),
- améliorer les échanges économiques entre les régions.

L'aviation d'affaire et de tourisme joue également un rôle important dans la vie d'une région.

③– Rôle d'entraînement et de travail aérien :

Il s'agit de :

- permettre la mise au point de nouveaux aéronefs ;
- entraîner les pilotes sur de nouveaux types d'appareils ;
- permettre l'exploitation des activités bien spécifiques (agriculture, photos aériennes, industries diverses).

Donc, suivant leur destination, on peut classer les aérodrômes en trois catégories :

①– Les aérodrômes civils :

Utilisés pour :

- les activités de transport aérien (aéroport)
- les activités de travail aérien
- le tourisme
- l'entraînement.

②– Les aérodrômes militaires :

Utilisés pour la Défense Nationale.

Ils sont les sièges d'escadrilles opérationnelles ou destinés à recueillir, le cas échéant, des unités et qui, par conséquent, ne sont pas utilisés en permanence.

③– Les aérodrômes techniques :

Ils qui peuvent être accolés à des usines et sont utilisés par des avions qui viennent d'être construits ou révisés, ou être des aérodrômes d'essais sur lesquels se rendront les aéronefs pour effectuer leurs essais.

**N.B.** : La distinction entre ces trois catégories n'est pas toujours aussi nette car certains aérodrômes assurent plusieurs missions. Un aérodrôme peut très bien avoir deux de ces trois rôles, ou même les trois.

## 2.2. Classification des Aérodrômes

### 2.2.1. Rôle de la classification

Après la deuxième guerre mondiale la plupart des nations était poussée :

- à faire le tri entre les aérodrômes hérités de la guerre,
- d'adapter ceux qu'elles conserveraient aux prévisions de trafic.

C'est donc, dans ce contexte une démarche de planification aéroportuaire est engagée dès 1946. Ainsi des lois sont émises, stimulant que tous les aérodrômes publics et privés destinés à la

circulation aérienne publique font l'objet d'une classification établie en tenant compte des caractères et de l'importance du trafic qu'ils doivent assurer.

Le classement d'un aérodrôme est fait dès sa création et pour toute la durée de sa vie il est basé sur :

Les caractéristiques du trafic ultime que devra écouler l'aérodrôme, même si durant les 10, 20 ou 30 premières années de sa création l'importance du trafic ne justifie pas son classement dans la catégorie qui lui est attribuée.

Parce que

- Le plan de servitudes s'appuie sur le classement de l'aérodrôme que celui-ci doit être invariable, et anticiper largement sur le développement du trafic.
- Le classement permet d'implanter convenablement les installations aéroportuaires dès l'ouverture de l'aéroport, puisqu'il est pratiquement impossible de déplacer un bâtiment si l'on a vu trop petit lors de la création de l'aérodrôme en question.

### 2.2.2. Limite de la classification

Seule difficulté du classement réside dans : le choix du principe de classification.

### 2.2.3. Systèmes possibles de classification

On rencontre essentiellement deux principes de classification :

①– Une classification dimensionnelle :

Dans ce cas, le classement d'un aérodrôme est basé sur une ou plusieurs de ses caractéristiques géométriques :

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

Le trafic que doit écouler l'aéroport n'intervient nullement.

②– Une classification fonctionnelle :

Seuls les types des activités, auxquelles l'aérodrôme est destiné, comptent pour son classement.

Les caractéristiques géométriques d'une plateforme déjà construite n'interviennent nullement dans le classement de l'aérodrôme.

Il est évident que chacune des méthodes a ses avantages et ses inconvénients :

- la première étant meilleure pour un réseau d'aéroports existants,
- la deuxième pour la conception d'un réseau nouveau.

D'autres principes existent également :

Classifications basées sur les caractéristiques des avions fréquentant l'aéroport, sur le rôle de l'aéroport dans l'ensemble du réseau, etc.

Aucune de ces méthodes n'est parfaite, c'est pourquoi on rencontre une telle multiplicité de systèmes

### 2.2.4. Classification initiale de l'O.A.C.I.

A son origine l'O.A.C.I. avait adopté dans l'annexe 14 à la convention de Chicago : une classification dimensionnelle Il s'agit d'un système d'identification qui est purement descriptif et basée uniquement sur la longueur de la piste principale, paramètre dont découlent toutes les autres caractéristiques dimensionnelles de l'aérodrôme.

Elle répartissait les aérodrômes en cinq classes désignées par une lettre dite : "lettre d'identification

**Tableau.1 : Identification des aérodrômes.**

Lettre D'identification	Longueur de base d'une piste [m]
A	$\geq 2\ 100$
B	$[ 1\ 500 \div 2\ 100 [$
C	$[ 900 \div 1\ 500 [$
D	$[ 750 \div 900 [$
E	$[ 600 \div 750 [$

### 2.2.5. Principes de la classification française

Au contraire la classification française, est *fonctionnelle* et repose sur la nature des liaisons que doivent assurer les aéronefs civils qui fréquentent l'aérodrome.

Les principes de la classification française sont définis par :

Le Code de l'Aviation Civile français « Les aérodrômes destinés à la circulation aérienne publique font l'objet d'une classification établie en tenant compte des caractéristiques et de l'importance du trafic qu'ils doivent assurer ».

« Cette classification peut être étendue aux aérodrômes non destinés à la circulation aérienne publique, lorsque les conditions d'utilisation de ces aérodrômes le justifient ». (d'où appelée aussi classification du code de l'aviation civile) tenant compte des caractéristiques et de l'importance du trafic qu'ils doivent assurer. Il est tenu compte pour la classification des aérodrômes sont essentiellement :

- la nature du trafic assuré par l'aérodrome ;
- la longueur d'étape au départ de l'aérodrome ;
- la nécessité éventuelle d'assurer normalement le service en toutes circonstances.

Les aérodrômes terrestres sont ainsi classés en cinq catégories :

**Catégorie A** – Aérodrômes destinés aux services à grande distance (étapes longues de plus de 3 000 km) assurés normalement en toutes circonstances (sont également le siège d'activités importantes court et moyen-courrier).

**Catégorie C** – Aérodrômes, sur lesquels les services doivent être assurés normalement en toutes circonstances, destinés :

①–Aux services à courte distance (étapes courtes de moins de 1 000 km) et à certains services à moyenne et même longue distance qui ne comportent que des étapes courtes au départ de ces aérodrômes ;

②–Au grand tourisme.

**Catégorie B** – Aérodrômes destinés aux services à moyenne distance (étapes moyennes de 1 000 km à 3 000 km) 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 aérodrômes (peuvent être le siège d'activités court-courrier).

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

**Catégorie E** – Aérodrômes destinés aux giravions et aux aéronefs à décollage vertical ou oblique.

### 2.2.6. Classification de l'I.T.A.C. (Instruction Technique sur les Aérodrômes Civils)

Dans le but de donner des règles techniques au concepteur d'aérodrômes l'I.T.A.C., ensemble de règles de construction d'aérodrômes, a défini des classes à l'intérieur d'une même catégorie, qui regroupent les aérodrômes de caractéristiques semblables. Ces règles n'ont aucune existence juridique.

Les classes d'aérodrômes à caractéristiques normales, sont

**Classe A** – Aérodrômes de catégorie A

Elle est constituée par tous les aéroports long-courriers. L'avion critique pour les caractéristiques dimensionnelles, est le B 747 allongé et le DC 10-30 pour la longueur de piste.

**Classe B** – Aérodrômes de catégorie B

Elle contient les aéroports moyen-courrier, que le trafic soit régulier ou non régulier (trafic charter). Les avions critiques sont le DC 10-30 et le B 727-200 en ce qui concerne la longueur de piste.

**Classe C<sub>2</sub>** – Aérodrômes de catégorie C destinés aux lignes à grand et moyen trafic

Elle est constituée par les aérodrômes court-courrier ayant au moins une ligne supérieure à environ 15 000 passagers par an. Les aérodrômes de cette classe doivent être accessibles normalement en toutes circonstances.

Les avions critiques de cette classe sont la Caravelle pour l'envergure, le Mercure pour la longueur de piste et le F 27 pour la voie du train principal.

**Classe C<sub>1</sub>** – Aérodrômes de catégorie C destinés à l'aviation de voyage et aux lignes à faible trafic

Elle est constituée par les aérodrômes court-courrier n'ayant pas de ligne supérieure à environ 15 000 passagers annuels, Les aérodrômes de cette classe doivent être accessibles normalement en toutes circonstances.

Les avions critiques sont le Mystère 20 pour la longueur de piste, le Beechcraft Super King Air 200 pour l'envergure.

**Classe D<sub>2</sub>** – Aérodrômes de catégorie D destinés à certains services à courte distance à exigences spéciales

Elle est constituée par les aérodrômes destinés aux services à courte distance n'ayant pas d'exigences particulières de régularité.

Ces aérodrômes peuvent accueillir les F. 27 sans limitation de charge.

**Classe D<sub>3</sub>** – Aérodrômes de catégorie D normalement utilisés en toutes circonstances

Elle est constituée par les aérodrômes destinés à l'aviation légère, qui peuvent être équipés d'un moyen radioélectrique permettant une approche aux instruments. Les avions attendus sur cette classe d'aérodrômes sont des bimoteurs ou monomoteurs à hélice, du type C 402 ou Beechcraft Bonanza.

Les avions étant plus manœuvrables et ayant des vitesses d'approche plus faibles que ceux utilisant les aérodrômes de classe C<sub>1</sub>, les caractéristiques dimensionnelles des aérodrômes de classe D<sub>3</sub> seront plus réduites que celles de la classe C<sub>1</sub>.

**Classe D<sub>1</sub>** – Aérodrômes destinés aux activités courantes de la catégorie D

Elle est constituée par les aérodrômes destinés à l'aviation légère. De caractéristiques moindres que ceux de la classe D<sub>2</sub>.

Les avions qui les fréquentent habituellement sont des monomoteurs d'aéroclub, de petits bimoteurs, des avions légers de travail aérien, etc.

### 2.2.7. Nouvelle classification de l'O.A.C.I.

L'évolution de la technologie des avions ainsi que l'utilisation d'un même avion sur des étapes de longueurs fort différentes a conduit, l'O.A.C.I. à repenser complètement son système et à proposer à la conférence de navigation aérienne de Mai 1981 une nouvelle classification.

En effet, l'évolution des besoins du trafic a conduit les constructeurs à concevoir des avions de types très différents mais dont les besoins en longueur de piste sont identiques.

Par conséquent, la correspondance entre les caractéristiques dimensionnelles de l'aéroport et la longueur de la piste telle qu'elle était utilisée par l'O.A.C.I. n'est plus valable. Donc un nouveau système a été adopté ; il se base sur deux caractéristiques des avions appelés à utiliser l'aérodrome :

- l'une opérationnelle : la longueur de piste nécessaire au décollage ;
- 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

La longueur de piste étant celle nécessaire au décollage au poids maximal certifié de l'avion le plus pénalisant en longueur de piste, appelé à utiliser l'aérodrome.

La référence aux caractéristiques dimensionnelles des avions est donnée par une lettre qui dépend de la plus contraignante des deux caractéristiques (envergure ou voie) des avions les plus pénalisants sous ces aspects appelés à fréquenter l'aérodrome.

Les lettres utilisées vont de A à F :

- la lettre F correspondant à l'envergure la plus large existant actuellement.

Les avions futurs, d'envergure encore plus grande, seraient classés par les lettres suivantes : F, G, etc. Les limites entre ces classes seraient fixées au fur et à mesure de la mise en service des avions.

**Tableau.2 : Code de référence d'aérodrome.**

ELEMENT 1		ELEMENT 2		
Nombre de référence	Longueur nécessaire Au décollage	Lettre de référence	Envergure	Voie du train principal
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 14 m
		F	de 65 à 80 m	de 9 à 16 m

Chapitre 3

**CONCEPTION GENERALE DES  
AEORODROMES  
(Partie 02)**

### 1. Constituants d'un aéroport

Est considéré comme aéroport tout terrain (ou plan d'eau spécialement) aménagé pour l'atterrissage, le décollage et les manœuvres d'aéronefs y compris les installations annexes qu'il peut comporter pour les besoins du trafic et le service des aéronefs.

L'aire de mouvement est l'ensemble de tout ce qui est destiné à permettre l'atterrissage, le décollage et l'évolution au sol ainsi que le stationnement des avions. Les éléments de base constituant l'aire de mouvement sont:

- 1- la direction d'envol
- 2- la piste d'envol
- 3- les voies de circulation
- 4- les bandes d'envol
- 5- les aires de stationnement

### 2. Direction d'envol

#### 2.1 Notion de fréquence d'utilisation

La recherche de la régularité fondamentale en matière de transport aérien conduit à aménager les aéroports de telle sorte que les circonstances qui les rendent impraticable soient aussi 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.

Les circonstances rendant un aéroport inutilisable peuvent être classées en 2 catégories:

- soit des événements purement fortuits (catastrophes naturelles, accidents d'avion etc..);
- soit des événements qu'on peut étudier par des méthodes relevant de la conjoncture comme les facteurs climatiques en générales.

La fréquence d'utilisation d'un aéroport 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.

#### 2.2 Notion de vent traversier

Pour que l'atterrissage ou le décollage se fassent sans danger, il faut que le vent traversier, qui est définie comme étant la composante suivant la perpendiculaire à la trajectoire de l'avion, ne dépasse pas une valeur critique pour chaque type d'avion. Cette valeur critique, indiquée dans le manuel de vol de chaque avion et en générale d'autant plus élevée que l'appareil est lourd.

A cet effet, les manœuvres d'atterrissage et de décollage deviennent dangereuses lorsque l'axe de l'avion fait ou tend à faire un angle important avec l'axe de la piste ( $\alpha \approx 8^\circ$  à  $10^\circ$ )

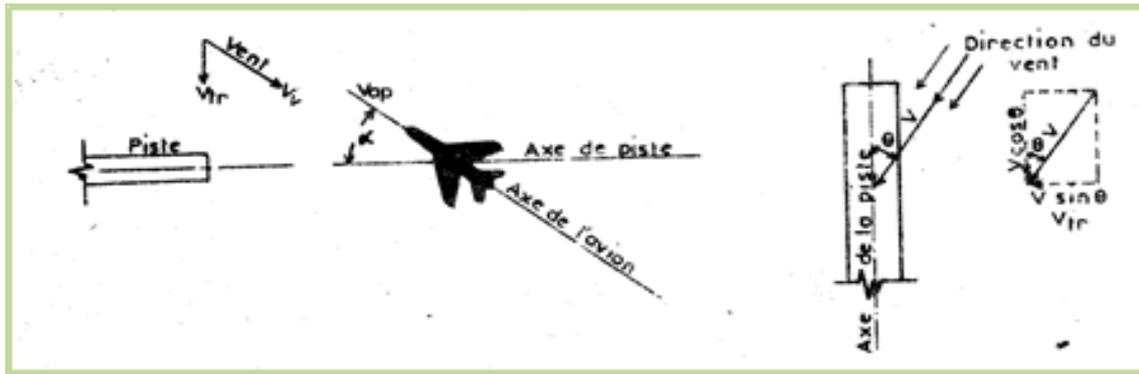


Figure.1 : Vent traversier.

Par conséquent le vent deviendra dangereux lorsque sa composante au sol perpendiculaire à l'axe de piste, appelée *vent traversier* ( $V_{tr}$ ), devient supérieur à une valeur critique qui est caractéristique de l'aéronef et qui dépend principalement de sa vitesse d'approche :

$$V_{tr} = V_{ap} \cdot \sin \alpha$$

**Exemple** : Le D.C. 10 a une vitesse d'approche  $V_{ap}=272\text{km/h}=75,55 \text{ m/s}$ .

$$V_{tr} = 75,55 \cdot \sin 10^\circ \approx 13,12 \text{ m/s}$$

Au décollage, la situation est moins grave car le pilote peut plaquer l'avion au sol par des actions sur les gouvernes jusqu'à l'instant où sa vitesse est suffisante pour qu'il quitte le sol. Le vent traversier critique est actuellement fixé par l'OACI aux valeurs suivantes:

Aérodrome	Code chiffre	Vent traversier admissible
Catégorie A $\equiv$ Classe A	4	13 m/s ou 26 nœuds
Catégorie B $\equiv$ Classe B et C <sub>2</sub>	3	10 m/s ou 20 nœuds
Catégorie C $\equiv$ Classe C <sub>1</sub> et C <sub>2</sub>	2	7 m/s ou 14 nœuds
Catégorie D $\equiv$ Classe D <sub>1</sub> et D <sub>3</sub>	1	5 m/s ou 10 nœuds
<b>1 nœud = 1 mille/h <math>\Rightarrow</math> 1m/s = 3,6km/h = 1,94 nœud.</b>		

Tab.1 : Vents traversiers admissibles pour chaque catégorie ou classe d'aérodrome.

### 2.3. Coefficient d'utilisation d'une direction d'envol

Comme nous avons vu, les directions d'envol choisies sur un aérodrome sont celles ayant les meilleurs taux d'accessibilité ou fréquences d'utilisation.

Cette fréquence est caractérisée par le *coefficient d'utilisation*, qui est le rapport entre le nombre des cas pour lesquels on a souhaité utiliser une direction et nombre de ceux où on a pu utiliser la direction considérée.

Soit :

**N**– le nombre de fois où on a souhaité utiliser une direction;

**N'**–le nombre de fois où on a pu l'utiliser.

Alors, le coefficient d'utilisation est :

$$C = 100 \cdot \frac{N'}{N} \quad (\%)$$

Or, en réalité ce coefficient d'utilisation étant impossible à connaître avant plusieurs années de fonctionnement. Donc, on l'approche en prenant :

### Chapitre 3 Conception Générale des Aérodrômes (Partie 02)

N– le nombre d’observations météorologiques avec mesure de vent.

N’– le nombre de fois où le vent était inférieur à la limite admissible.

Si l’aérodrome comporte plusieurs directions d’envol, cette définition s’étend à l’ensemble des directions, on fera donc la somme des cas favorables.

#### ➤ Valeur du coefficient d’utilisation

Il n’est pas absolument indispensable, et ce serait extrêmement difficile, qu’un aérodrome ait un coefficient d’utilisation de 100 %.

Il est alors recommandé de maintenir le coefficient global d’utilisation<sup>(\*\*)</sup> au regard du vent traversier au-dessus des pourcentages suivants :

Aérodrome	Code chiffre	Coefficient global d’utilisation minimal
<b>Catégorie A ≡ Classe A</b>	4	95 %
<b>Catégorie B ≡ Classe B et C<sub>2</sub></b>	3	95 %
<b>Catégorie C ≡ Classe C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub></b>	2	80 %
<b>Catégorie D ≡ Classe D<sub>1</sub> et D<sub>3</sub></b>	1	70 %

**Tab.2 :** Coefficient global d’utilisation minimal.

#### ➤ Calcul du coefficient d’utilisation

Pour le calcul du coefficient d’utilisation, on utilise :

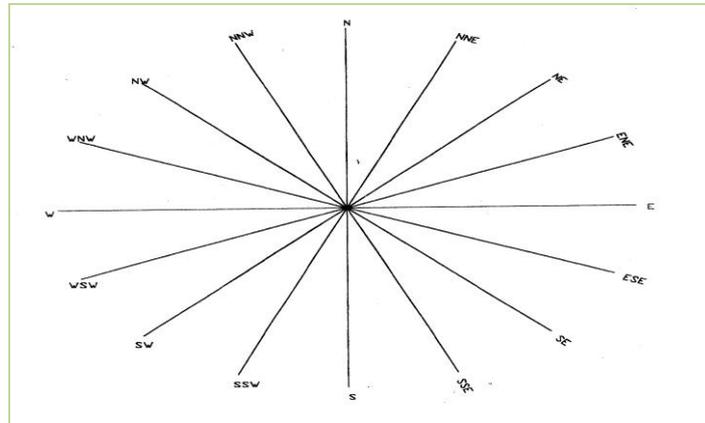
①– Un tableau récapitulatif toutes les observations des vents sur la période étudiée fournies par le service météo : il comporte:

vitesse en m/s	Direction des vents																TOTAUX
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
4	24	20	26	28	32	6	41	20	23	32	65	78	68	57	160	20	
5	14	11	21	25	25	8	35	35	46	18	40	80	112	65	142	27	
6	12	16	32	20	18	3	20	18	20	12	18	18	50	85	120	18	
7	6	10	24	12	11	2	38	12	18	6	12	28	35	40	130	12	
8		8	12	14	4	1	8	11	6	3	8	10	16	36	82	8	
9	3	2	5	4	8	4	24	6	2	1	6	3	40	18	36	10	
10	3	4	3	1	6	2	6	3	1		1	1	33	64	40	7	
11	4	2	1		4	1			3				4	52	17	5	
12	1	2	2	1	1		3	1	1	1		1	20	2	10	1	
13	1	1		1	2		5				1	2	7	40	4	6	
14		1	1		1	2	7	4	2	1			5	20	2	1	
15					1		6	5					1	7	10		
16	1	1		1		1		1	1			1	2	1	12	2	
17			1				4	1			1		1	2	8		
18				1		1		1			1				7	2	
19							1					4		4	4		
20							3					1	1	1	5		
21																	
22																	
<3																	
Nombre totale	69	78	128	108	113	31	201	118	123	74	153	227	395	494	789	119	3220

**Tab.3 :** Observations du vent (Aérodrome de Mascara, station professionnelle Hassi-Mamèche (1977-1983)).

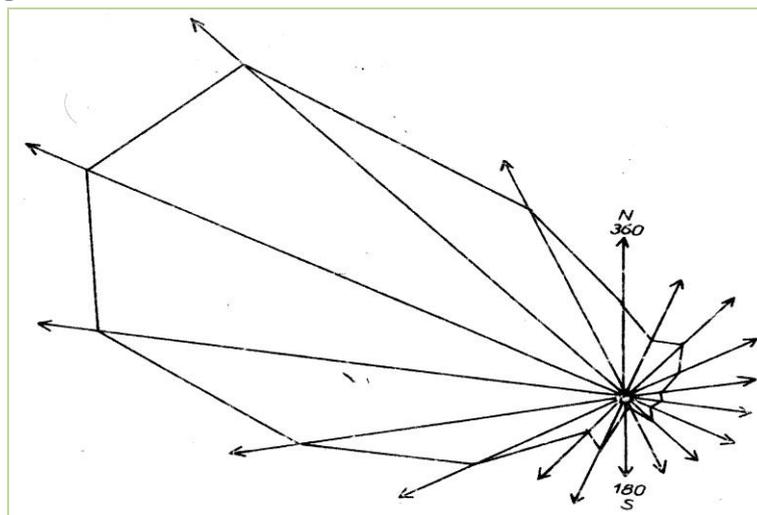
### Chapitre 3 Conception Générale des Aérodrômes (Partie 02)

— Seize (16) colonnes correspondantes aux 16 directions de la rose des vents; et les lignes correspondant aux vitesses des vents. Où il est inscrit pour chaque direction et vitesse le nombre d'observations cumulées.



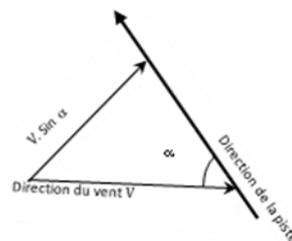
**Figure.2** : les seize directions de la rose des vents.

②– 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.3** : La rose des vents

③– 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 (cf. Fig. ci-contre).



Il suffit alors de:

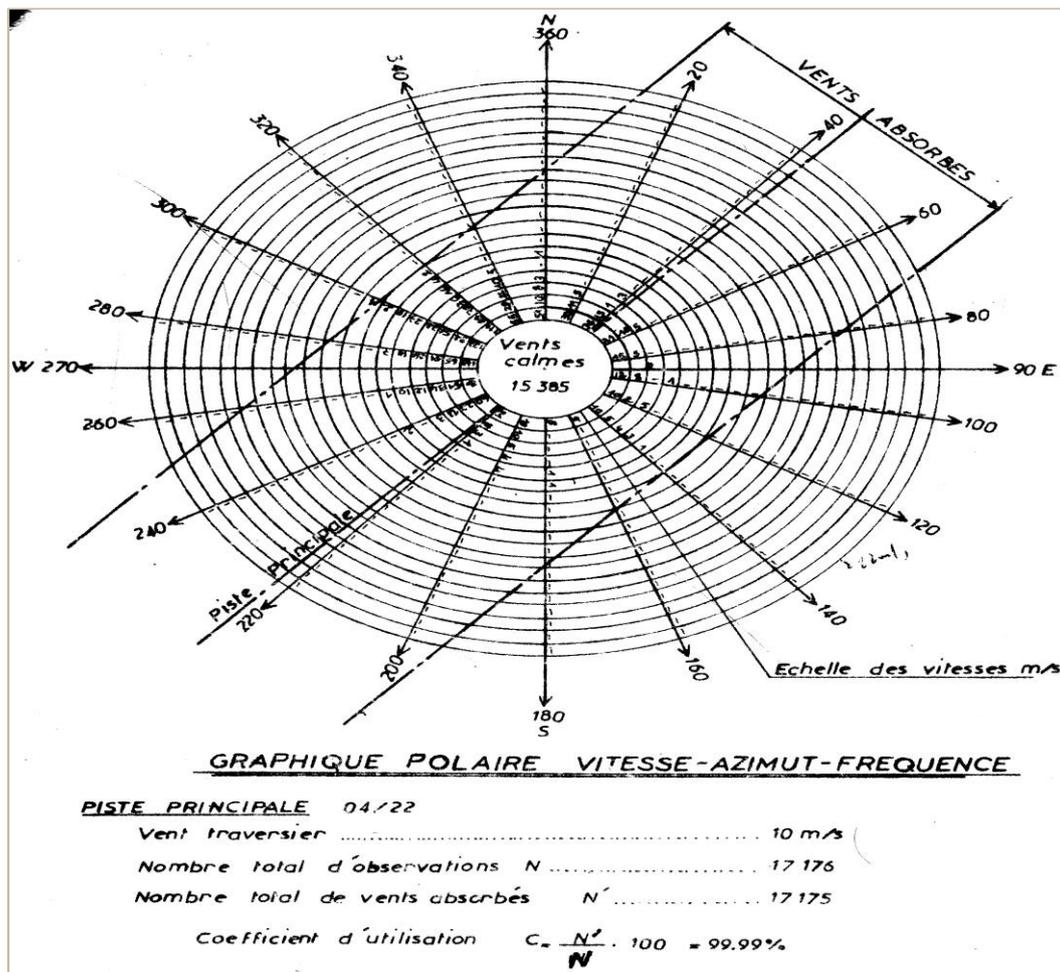
Compter le nombre de valeurs inférieures à la limite admissible, et de la diviser par le nombre total d'observations pour obtenir le coefficient d'utilisation de la piste étudiée.

### Chapitre 3 Conception Générale des Aérodrômes (Partie 02)

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.



**Figure.4** : Graphique polaire vitesse-azimut-fréquence concernant la piste principale

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

- 1 - tracer 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 :

$$C = \frac{N'}{N} \cdot 100 \quad (\%)$$

En fait, en pratique, il est plus simple de compter le nombre  $N''$  des cas défavorables, situées à l'extérieur des deux tangentes. Ces valeurs sont appelées "valeurs non absorbées" ou "vents non absorbés". Donc, on aura :

$$C = (N - N'')/N \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Il s'agit, en réalité, de déterminer la direction de piste qui donne le meilleur résultat et non pas d'étudier le coefficient d'utilisation d'une direction donnée. Alors, il suffit de :

- 1 - déterminer le coefficient d'utilisation des huit orientations possibles : N-S, NNE-SSW, NE-SW, etc.... ;
- 2 - construire un graphique en portant :
  - en abscisse, les directions : N-S, NNE-SSW, NE-SW, etc....,
  - en ordonnée, la valeur du coefficient d'utilisation ;
- 3 - en réunissant les points ainsi obtenus, tracer la courbe d'utilisation dont le maximum correspond à l'orientation ayant le meilleur coefficient d'utilisation (Fig.5).

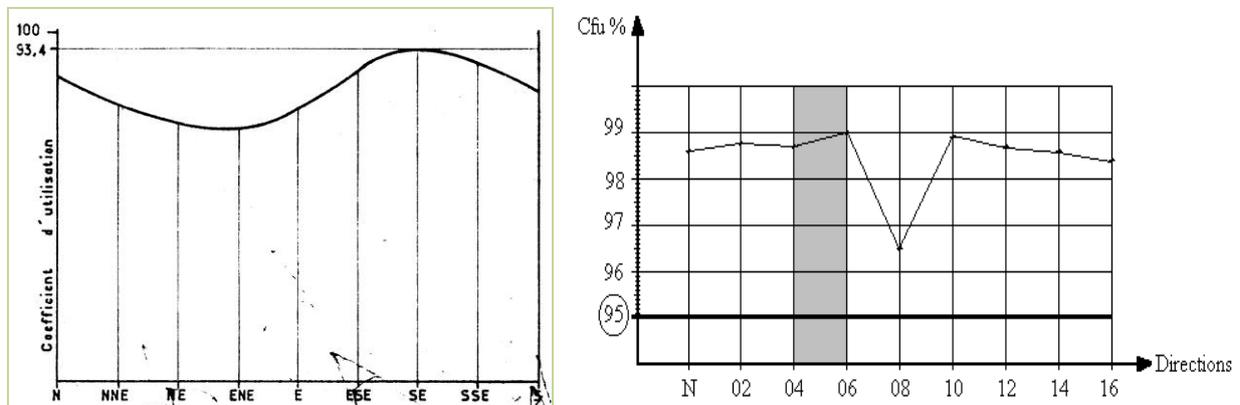


Figure.5 : Courbe des coefficients théoriques d'utilisation.

Maintenant, si le meilleur coefficient ainsi obtenu est inférieur au coefficient d'utilisation imposé, l'exploitation de l'aérodrome ne peut être assurée avec une seule direction d'envol, et, par conséquent, il est nécessaire de prévoir une deuxième direction d'envol qui écoulera le maximum des cas non pris par la première.

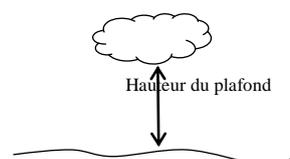
$$C = (N - N'')/N \cdot 100 \text{ (\%)}$$

### La visibilité

Un avion ne peut atterrir sur un aérodrome que si les conditions minima de *visibilité (plafond de nuages et visibilité horizontale)* et les minima opérationnels sont satisfaits. Justement, sur les grands aéroports, utilisés par des avions qui tolèrent des vents traversiers importants, l'impossibilité d'atterrir est beaucoup plus souvent due au brouillard et d'une façon générale aux mauvaises conditions de visibilité qu'au vent traversier.

Le vent traversier n'est donc pas le seul élément qui intervienne dans la détermination des cas possibles d'utilisation de l'aérodrome, mais d'autres facteurs peuvent intervenir tel que :

- la visibilité,
- la hauteur du plafond des nuages, etc...



## Chapitre 3 Conception Générale des Aérodrômes (Partie 02)

Les conditions de mauvaise visibilité doivent donc, elles aussi, faire l'objet d'études importantes et délicates pour lesquelles il est nécessaire d'avoir des renseignements souvent difficiles à obtenir.

C'est donc dans ce contexte que les relevés météorologiques fournissent, parallèlement aux mesures de vents (azimut, fréquence et intensité), la visibilité horizontale, verticale et la hauteur du plafond des nuages associés à chaque situation.

Ces statistiques sont présentées sous la forme du tableau ci-dessous, classant les mesures suivant qu'elles sont supérieures ou inférieures à une valeur donnée.

l'OACI recommande que le nombre et l'orientation des pistes d'un aéroport soient tels que le coefficient d'utilisation d'une piste d'aéroport ( $C$ ) ne soit pas inférieur à 95% pour les avions à l'intention desquels l'aéroport a été conçu.

En conclusion, un aéroport doit être conçu de façon telle que, pendant un pourcentage du temps au moins égale aux coefficients d'utilisation ci-dessus, il y ait au moins une direction d'envol utilisable sur laquelle le vent traversier n'excède pas les valeurs critiques imposées: c'est cette condition qui permettra de déterminer le nombre et l'orientation des directions d'envol sur la base de la connaissance du régime des vents caractérisant la zone de l'aéroport.

### 3. Pistes d'envol

Une piste d'envol est une aire sur l'aéroport terrestre aménagé par la construction d'une chaussée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des avions, elle a la forme d'un rectangle allongé parcouru par l'avion dans le sens de la longueur et dont l'axe longitudinal est une direction d'envol.

#### 3.1. Classification des pistes

Lorsque l'aéroport comporte plusieurs pistes, on distingue :

##### 3.1.1. Les pistes principales sont :

- les plus longues en principe de l'aéroport ;
- 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.

##### 3.1.2. Les pistes secondaires

*Les pistes secondaires de même catégorie que la piste principale*

Ces pistes sont :

- celles utilisées lorsque la direction du vent ne permet pas l'utilisation de la piste principale ;

## Chapitre 3 Conception Générale des Aérodrômes (Partie 02)

- celles utilisées lorsque des circonstances particulières rendent la piste principale indisponible ;
- plus courtes, en principe, 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.

### *Les pistes secondaires de catégorie inférieure à celle de la piste principale*

Il peut arriver, pour certains aérodrômes recevant des aéronefs de catégorie inférieure à celle pour laquelle a été prévue sa piste principale :

- soit que certaines conditions liées aux caractéristiques du trafic fassent souhaiter que les avions légers n'utilisent pas la piste destinée aux aéronefs lourds ;
- soit que les appareils de catégorie inférieure, n'admettant que des vents traversiers plus faibles, nécessitent une deuxième direction d'envol suivant laquelle sera établie une piste secondaire.

Dans ces deux cas, cette piste secondaire pourra être plus courte que la piste principale puisque destinée à des appareils plus légers.

### **3.2. Cas des Pistes Parallèles**

Pour doter un aérodrôme d'un système de pistes parallèles destinées à être utilisées simultanément, l'OACI exige la vérification de certaines conditions à satisfaire au niveau de leur implantation :

- Condition VMC : lorsque les pistes parallèles sont destinées à n'être utilisées que dans les conditions météorologiques de vol à vue, la distance minimale à pouvoir entre leurs axes devrait être :
  - 210 m lorsque le chiffre de code le plus élevé est 3 ou 4 ;
  - 150 m lorsque le chiffre de code le plus élevé est 2 ;
  - 120 m lorsque le chiffre de code le plus élevé est 1.
- Condition IMC : lorsque des pistes parallèles sont destinées à être utilisées simultanément dans les conditions météorologiques de vol aux instruments. L'OACI recommande que dans ce cas un écartement bien plus grand soit nécessaire. A titre indicatif, les Etats Unis d'Amérique ont adopté les minimums suivants :
  - Approches simultanées : distance entre-axe minimal de 1300m
  - Départ et arrivées simultanés (control par radar): distance minimal entre axe de 1050m

### **3.3. Caractéristiques Géométriques**

#### **3.1.1. Longueurs des pistes**

Les facteurs suivants influent sur la longueur de piste à prévoir:

- 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 influence sur la pression barométrique) et les contraintes topographiques.

### 3.1.2. Les procédures opérationnelles

#### — Décollage

Selon les recommandations de l'O.A.C.I.

la longueur de piste sera déterminée de façon qu'un avion multimoteur dont un de ses moteurs tombe en panne en cours de décollage doit pouvoir :

- soit, s'arrêter à temps ;
- soit poursuivre son décollage dans des conditions de sécurité suffisantes<sup>(\*)</sup>.

<sup>(\*)</sup> 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  $V_2$ .

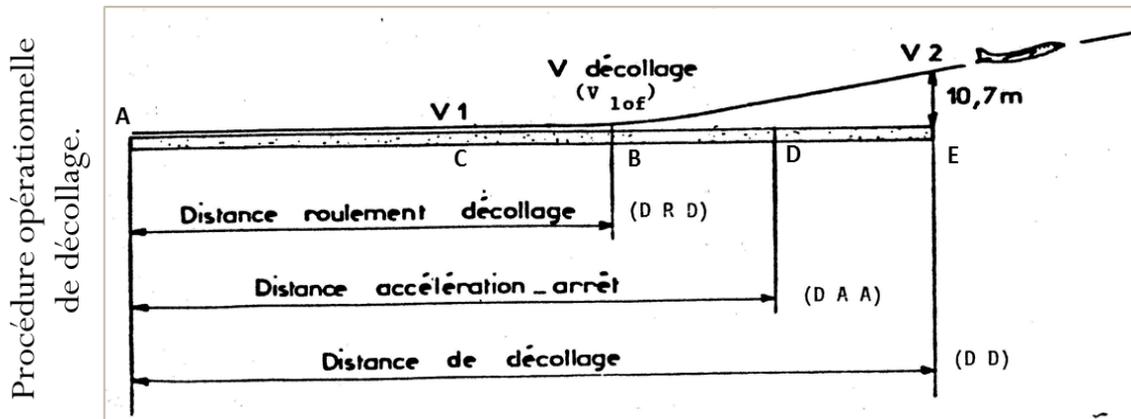


Figure.6 : Procédure opérationnelle de décollage.

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

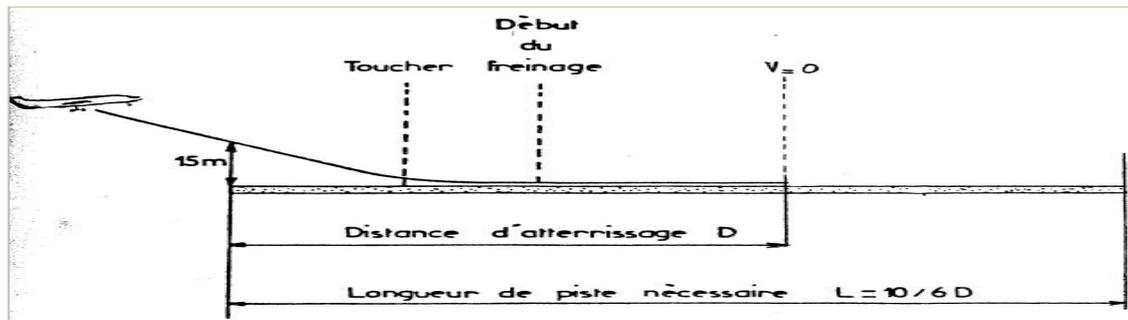
le pilote doit poursuivre son décollage, soulever l'avion à la vitesse  $V_{lof}$  et il passera à 10.7 mètres au-dessus de l'extrémité de la piste à la vitesse  $V_2$ .

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

Par définition : 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.7** 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<sup>(\*)</sup>* :

$$L = \frac{D}{0,6} = \frac{10}{6} \cdot D$$

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 :

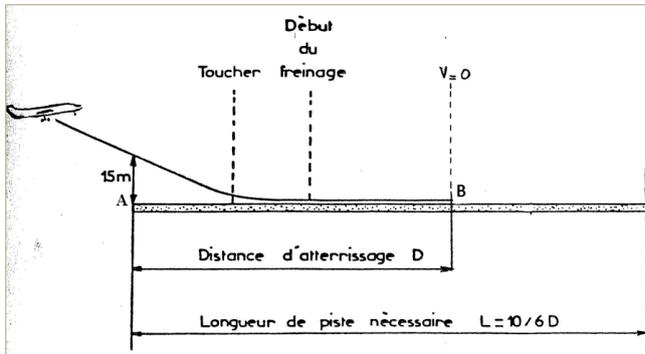
- la masse de l'avion doit autoriser une manœuvre de remise de gaz ou d'atterrissage manqué, même avec un moteur en panne. Cette condition engendre des limitations de la masse en fonction de paramètres atmosphériques ;
- la masse de l'avion doit être inférieure à une certaine limite, pour des raisons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

<sup>(\*)</sup> Pour les avions équipés de turbopropulseurs, on peut prendre par convention 1/0,7.

## Chapitre 3 Conception Générale des Aéroports (Partie 02)

**Exemple** : calcul de la longueur d'atterrissage du Boeing 727 :

- Vitesse d'approche :  $V_{ap} = 242 \text{ km/h} = 67,22 \text{ m/s}$ .
- Pente de descente :  $p = 3^\circ$ .
- Décélération :  $\gamma = 1,5 \text{ m/s}^2$ .



Alors :

$$D = A + B$$

$$A = \frac{15}{\tan p} \quad , \quad B = \frac{V_{ap}^2 - V_0^2}{2 \cdot \gamma}$$

D'où :

$$D = 1791,89 \text{ m}$$

Donc, la longueur de piste nécessaire est :

$$L = \frac{10}{6} \cdot D = 2986,48 \text{ m} \approx 2990 \text{ m}$$

Si la piste est mouillée, alors :

$$L = 2990 \times 1,15 = 3438,5 \text{ m} \approx 3440 \text{ m}$$

### — Principe de calcul de longueur de piste

Compte tenu de ce qui a été vu précédemment il y aura lieu de calculer chaque fois les trois longueurs :

- ①- Décollage avec un moteur en panne.
- ②- Atterrissage.
- ③- Accélération-arrêt.

La longueur de piste nécessaire 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.

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

- des conditions normales de pression atmosphérique : soit 1013,2 millibars ;
- des conditions normales de température : soit 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 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.

Alors

la longueur réelle est obtenue par :

$$L_r = L_s \cdot N$$

ou

$$L_r = L_B \cdot N \quad \text{avec } N = \left(1 + \frac{n_1}{100}\right) \left(1 + \frac{n_2}{100}\right) \left(1 + \frac{n_3}{100}\right)$$

Où :

$L_r$  – longueur réelle.

$L_B$  – longueur de base.

$L_s$  – longueur standard.

N – facteur de correction qui tient compte de :

- L'altitude (coefficient  $n_1$ ),
- La température (coefficient  $n_2$ ),
- La pente de la piste (coefficient  $n_3$ ).

• **Correction de l'altitude ( $n_1$ ):**

7% d'augmentation par 300 m d'altitude l'aérodrome, le coefficient de correction de l'altitude sera donc déterminé par la formule suivante:

$$n_1 = \frac{7 * h}{300}$$

h: altitude au-dessus de la mer exprimée en mètre du point moyen de l'aérodrome :

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

• **Correction de température ( $n_2$ ):**

1% d'augmentation par degré centigrade d'excédent de la température de l'aérodrome sur la température  $T_0$  en atmosphère standard à l'altitude de l'aérodrome.

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

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

$T_1$  : la température moyenne quotidienne du mois le plus chaud.

$T_2$  : 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:

$$t = t_0 - 0.0065 * h = 15 - 0.0065 * h$$

donc :

$$n_2 = T - t$$

• **Correction de pente ( $n_3$ ):**

$$n_3 = 10 * p$$

avec 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 ( $H_h$ ) et le plus bas ( $H_b$ ) de la piste par sa longueur de base moyenne ( $L_B$ ).

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

**3.2. Piste avec prolongement d'arrêt et / ou prolongement dégagé**

Dans le cas général, Le seuil d'une piste est normalement situé à son extrémité si aucun obstacle ne fait saillie au-dessus de la surface d'approche. Dans certains cas cependant, il peut être nécessaire, en raison des conditions locales et d'exploitation, de décaler le seuil d'une

## Chapitre 3 Conception Générale des Aéroports (Partie 02)

manière permanente. Avant de prendre cette décision, il est indispensable de chercher la solution optimale pour assurer une surface d'approche dégagée d'obstacle et une distance d'atterrissage suffisante en prenant en considération les types d'avions auxquels la piste est destinée, les conditions de visibilité les plus défavorables et l'emplacement des obstacles par rapport au seuil de la piste.

### 3.3. Les distances déclarées

Les distances déclarées expriment les différentes distances que peut avoir une piste pour répondre aux besoins d'atterrissage et décollage des avions auxquels elle est destinée. L'Annexe 14 spécifie que les distances déclarées doivent être calculées pour une piste destinée à être utilisée par des aéronefs de transport commercial international.

Les distances déclarées sont les suivantes :

- **ASDA** : Distance utilisable pour l'accélération – arrêt. C'est la distance de roulement utilisable au décollage, augmentée de la longueur du prolongement d'arrêt, s'il y en a un.
- **LDA** : Distance utilisable à l'atterrissage. C'est la longueur de la piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion à l'atterrissage.
- **TODA** : Distance utilisable au décollage. C'est la distance de roulement utilisable au décollage, augmentée de la longueur du prolongement dégagé, s'il y en a un.
- **TORA** : Distance de roulement utilisable au décollage. C'est la longueur de piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion au décollage.

Dans le cas où la piste ne comporte ni prolongement d'arrêt, ni prolongement dégagé, le seuil étant lui-même situé à l'extrémité de la piste, les quatre distances déclarées devraient normalement avoir la même longueur que la piste.

### Largeur des pistes

Il est recommandé que la largeur de piste ne soit pas inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau suivant :

Chiffre de code	Largeur (en m) Selon la lettre de Code				
	A	B	C	D	E
1*	18	18	23	--	--
2*	23	23	30	--	--
3	30	30	30	45	--
4	--	--	45	45	45

(\*) : La largeur d'une piste avec approche de précision ne devrait pas être inférieure à 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2

Tab.4 : Largeur des pistes.

### 3.4. Profil en long de la piste

#### 3.4.1. Pentes longitudinales

La **pente moyenne longitudinale**, obtenue en divisant, par la longueur de la piste, la différence entre les altitudes maximale et minimale mesurées sur son axe ne doit pas dépasser la valeur spécifiée dans le tableau.1 :

Code chiffre			
1	2	3	4
2%	2%(a)	1%	1%

Tab.5 : Pente longitudinale moyenne d'une piste

Aucune portion du **profil en long** de la piste ne doit en outre présenter une pente longitudinale dépassant la valeur spécifiée dans le tableau.2:

<i>Code chiffre</i>			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
2%	2%(a)	1.5%	1.25%

(a) pour les pistes non revêtues cette valeur est également recommandée

**Tab.6** : Pente longitudinale maximale d'une piste

De plus, pour permettre l'exécution des **approches de précision de catégories II et III**, aucune portion des 900 premiers mètres de la piste du cote de l'approche aux instruments ne doit présenter de pente longitudinale supérieure a 0,8% en valeur absolue. Il est, de plus, recommande que le profil en long de ces 900 premiers mètres de la piste soit sensiblement horizontal.

Cette même restriction est applicable aux pistes équipées pour les approches de précision de catégorie I et utilisables pour les entrainements aux atterrissages automatiques.

En outre, sur les premier et dernier quarts de la longueur de la piste, la pente longitudinale ne doit pas dépasser 0,8% dans les cas suivants :

- lorsque le chiffre de code est 3 et avec une approche de précision de catégorie II ou III,
- lorsque le chiffre de code est 4.

### 3.4.2. Changements de pente longitudinale

Les ondulations et les changements de pente marques et rapproches le long d'une piste sont a éviter. Lorsqu'il ne peut être évite, un changement de **pente longitudinale** ne doit pas excéder, entre deux pentes successives, la valeur spécifiée dans le tableau.7 :

<i>Code chiffre</i>			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
2%	2%	1.5%	1.5%

**Tab.7** : Pente longitudinale maximale d'une piste.

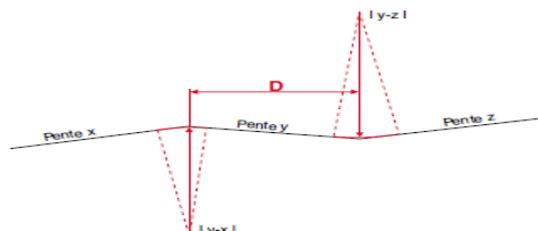
Le passage d'une pente a une autre doit alors être réalise par des courbes de raccordement dont les rayons de courbure doivent être supérieurs aux valeurs présentées dans le tableau.8:

<i>Rayon de courbure minimal en (m)</i>	<i>Code chiffre</i>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	7500	7500	15000	30000

**Tab.8** : Rayon de courbure minimal de raccordement

Mesurée comme indique et schématise ci-après, la distance entre deux changements de pente successifs ne doit pas être inférieure a la plus grande des valeurs suivantes :

$$D \geq 45 \text{ m}, \quad D \geq (|y-x|+|y-z|) \times R_{\text{minimal}}$$



**Figure.8** : Calcul de D distance entre deux changements de pente.

### 3.4.3. Distance de visibilité

Il est recommandé que, lorsqu'ils sont inévitables, les changements de pente longitudinale soient tels que la **distance de visibilité** soit préservée dans les conditions ci-après :

- lorsque la **lettre de code** de l'aérodrome est A, tout point situé à 1,5 m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 1,5m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste,
- lorsque la lettre de code de l'aérodrome est B, tout point situé à 2 m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 2 m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste,
- lorsque la lettre de code de l'aérodrome est C,D, E et F, tout point situé à 3 m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 3 m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste.

### 3.4.4. Conditions de visibilité radioélectrique

Pour permettre une bonne qualité de réception des signaux émis par le **localiser**, le profil en long doit permettre la **visibilité radioélectrique** directe sur toute la largeur de la piste entre :

- d'une part, les points d'une droite horizontale perpendiculaire à la piste, passant par le point situé sur l'axe de piste à 1 mètre au-dessus de la base du réseau aérien du localiser,
- d'autre part, les points des droites horizontales perpendiculaires à l'axe de piste, passant par tous les points de la trajectoire de l'aéronef où doit être assuré le guidage **I.L.S.** jusqu'aux points de la droite horizontale située à la verticale du seuil opposé à :
  - 15 m en **catégories I et II d'approche de précision**,
  - 6 m en catégorie III.

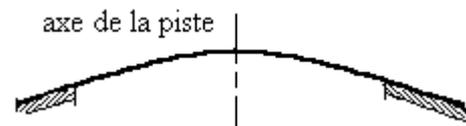
## 3.5. Profils en travers de la piste

### 3.5.1 Type de profils

Les profils en travers-type des pistes d'envol peuvent être de l'un des trois types suivants :

- *Profil à simple bombement*

Le plus employé, comporte deux versants plans raccordés par une courbe circulaire ou parabolique; dans la pratique, cette courbe est remplacée, dans le cas des revêtements en béton, par une ligne polygonale inscrite.



**Figure.9** : Profil en travers d'une piste à simple bombement

- *Profil à pente unique:*

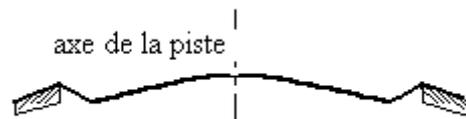
Ce profil est employé lorsque le terrain naturel a sa plus grande pente à peu près orthogonale à l'axe de la piste.



**Figure.10** : Profil en travers d'une piste à pente unique

- *Profil en W*

Comporte une partie centrale semblable au profil à simple bombement et de part et d'autre, deux versants plans de faible largeur (moins de 7,5 m) inclinés en sens inverses; il est surtout employé pour les pistes de 60 m de largeur, pour faciliter l'évacuation des eaux.



**Figure.11** : Profils en travers d'une piste en W

Les **profils en travers** des **pistes** sont de préférence composés de deux versants plans symétriques formant toit afin de limiter la longueur d'écoulement des eaux de pluie.

Dans tous les cas, le profil en travers doit être aussi plat que possible, mais présente des pentes suffisantes pour assurer l'écoulement des eaux.

- **Pentes transversales**

Pour assurer un assèchement aussi rapide que possible, il est recommandé que la surface de la piste soit, si possible, bombé, sauf dans la cas où les vents de pluies souffleraient transversalement et où une pente uniforme descendante dans le sens du vent permettrait un assèchement rapide. L'idéal serait que la pente transversale soit de :

<i>Code lettre</i>					
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
2%	2%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%

**Tab.9** : Profil en travers maximal pour une piste revêtue

La pente transversale ne devrait en aucun cas être supérieur aux valeurs susmentionnées, ni inférieure à 1%, sauf aux intersections des pistes ou des voies de circulation, auxquelles des pentes moins prononcées peuvent être nécessaires.

Dans le cas d'une surface bombée, les pentes transversales devraient être symétriques de part et d'autre de l'axe de la piste.

### **3.5.2. Résistance de piste**

Il est recommandé qu'une piste soit capable de supporter la circulation des avions auxquelles elle est destinée. Pour que la piste puisse répondre à cette exigence, celle ci doit être constituée d'une chaussée spéciale conçue et étudiée spécialement à cet effet. Voir dimensionnement des chaussées d'aérodrome.

### **3.5.3. Accotement de piste**

Il est recommandé d'aménager des accotements lorsque la lettre de code est D ou E et que la largeur de la piste est inférieure à 60m.

- Largeur des accotements

Il est recommandé que les accotements de piste s'étendent symétriquement de part et d'autre de la piste de telle sorte que la largeur totale de la piste et de ces accotements ne soit pas inférieure à 60m.

- Pente des accotements

Il est recommandé qu'aux raccordements d'un accotement et de la piste, la surface de l'accotement soit de niveau avec la surface de la piste et que la pente transversale de l'accotement ne dépasse pas 2,5%.

- Résistance des accotements

Il est recommandé que les accotements de pistes soient traités ou construits de manière à pouvoir supporter le poids d'un avion qui sortirait de la piste sans que cet avion subisse de dommages structurels et à supporter le poids des véhicules terrestres qui pourraient circuler sur ces accotements.

3.5.4 Tableau Récapitulatif

Les caractéristiques géométriques stipulées ci-dessus sont, par commodité, regroupées dans le tableau.10.

	Code lettre						Code chiffre
	A	B	C	D	E	F	
<b>LARGEUR DES PISTES</b>							
<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
<b>PROFIL EN LONG</b>							
<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
<b>PROFILS EN TRAVERS</b>							
<i>Pentes transversales</i>	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1, 2, 3, 4

Tab.10 : Récapitulatif des principales caractéristiques géométriques d'une piste.

## 4. LES VOIES DE CIRCULATION

### 4.1. Définition

Les voies de circulation sont les parties de la surface de l'aérodrome empruntées par les aéronefs pendant leurs évolutions au sol. Les voies de circulation sont dotées de chaussées.

### 4.2. Rôle

L'ensemble des voies de circulation devra permettre une liaison aussi directe que possible entre les différents points de l'aérodrome, afin de réduire au maximum le temps de roulage au sol des aéronefs, économie de carburant, gain de temps.

### 4.3. 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.

### 4.4. 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 :

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

**Tab.11** : Distance de séparation minimale.

### 4.5. Tracé des voies de circulation

Le tracé des voies de circulation doit être conçu de manière à réduire et faciliter le plus possible les parcours des aéronefs au sol; à cet effet, il doit être simple et direct et comporter le maximum de lignes droites et le minimum de virages.

### 4.6. Intersections et congés

Les intersections de voies de circulation entre elles ou avec une piste ou une aire de stationnement, implique le cas échéant, pour les aéronefs, un changement de direction. On admet que celui ci est effectué à vitesse réduite en faisant suivre au poste de pilotage une portion de circonférence définie, correspondant à des congés de raccordement dont les rayons minimaux sont fixés par l'annexe 14 selon la classe de l'aérodrome.

### 4.8. Largeur des voies

- 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 principal 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 :

## Chapitre 3 Conception Générale des Aéroports (Partie 02)

Lettre de Code	Dégagement
A	1,5 m
B	2,25 m
C	- 3 m, si la voie de circulation est destinée à des avions dont l'empattement est inférieur à 18m ; - 4,5 m, si la voie de circulation est destinée à des avions dont l'empattement est supérieur à 18m ;
D	4,5 m
E	4,5 m

**Tab.12** : les écarts latéraux admissibles.

- Largeur de base –paries 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 :

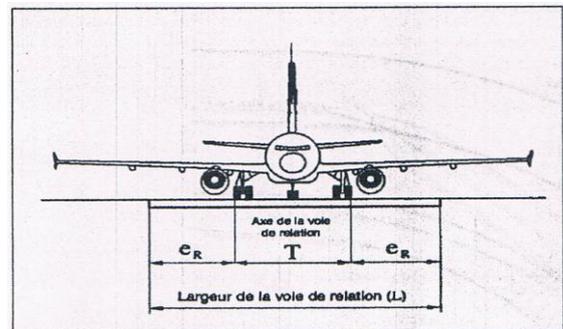
Lettre de Code	Largeur de voie de circulation
A	7,5 m
B	10,5 m
C	- 15 m : si la voie de circulation est destinée aux avions dont l'empattement est inférieur à 18m. - 18 m : si la voie de circulation est destinée aux avions dont l'empattement est supérieur à 18m. -
D	- 18 m : si la voie de circulation est destinée aux avions dont la largeur hors-tout du train principal est inférieure à 9m. - 18 m : si la voie de circulation est destinée aux avions dont la largeur hors-tout du train principal est supérieure à 9m.
E	23 m

**Tab.13** : largeur de voie de circulation.

$$L = T + 2 * e_r$$

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

**e<sub>r</sub>** : écarts latéraux admissible



**Figure.12** : Détermination de la largeur d'une voie de circulation.

### 4.9. Virages des voies de circulation

Les changements de direction sur les voies de circulation doivent être aussi peu nombreux et aussi faible que possible. Les rayons de virage doivent être compatibles avec les possibilités de manœuvre et les vitesses normales de circulation au sol des avions auxquels la voie de circulation est destinée. Le tableau suivant indique les rayons de courbure qui ont été jugés appropriés pour des vitesses déterminées de circulation :

Vitesse au sol de l'avion, en km/h	16	32	48	64	80	96
Rayon du virage en m	15	60	135	240	375	540

**Tab.14** : les rayons de courbure.

Aux virages il conviendrait de tenir compte de la distance entre les roues extérieures des atterrisseurs principaux des avions, donc il est nécessaire de prévoir une sur largeur suffisante voir figure.

### 4.10. Profil en long

- Pentes longitudinales

Il est recommandé que la pente longitudinale d'une voie de circulation n'excède pas les valeurs suivantes :

- 1,5% lorsque la lettre de code est C, D ou E
- 3% lorsque la lettre de code est A ou B.

- Changement de pente

Lorsqu'il est impossible d'éviter les changements de pente d'une voie de circulation, il est recommandé de réaliser le passage d'une pente à une autre par des surfaces curvilignes le long desquelles la pente ne varie pas de plus de :

- 1% pour 30m (rayon de courbure minimale de 3000m) lorsque la lettre de code est C, D ou E ;
- 1% pour 25m (rayon de courbure minimale de 2500m) lorsque la lettre de code est A ou B.

- Distance de visibilité

Il est recommandé que, lorsqu'un changement de pente sur une voie de circulation est inévitable, ce changement de pente soit tel que, de tout point situé à :

- 3 m au-dessus de la voie de circulation il soit possible de voir toute la surface de la voie de circulation sur une distance d'au moins 300 m, lorsque la lettre de code est C, D ou E ;
- 2 m au-dessus de la voie de circulation, il soit possible de voir toute la surface de la voie de circulation sur une distance d'au moins 200 m, lorsque la lettre de code est C, D ou E ;
- 1,5 m au-dessus de la voie de circulation, il soit possible de voir toute la surface de la voie de circulation sur une distance d'au moins 150 m, lorsque la lettre de code est A.

### 4.11. Profil en travers

De la même façon que pour les pistes, les profils en travers des voies de circulation sont composés de 2 versants symétriques formant un toit. Les pentes transversales des voies de circulation doivent être suffisantes pour éviter l'accumulation des eaux sur les chaussées ; toutefois, Elles doivent être comme suit

- 1,5% lorsque la lettre de code est C, D ou E ;
- 2% lorsque la lettre de code est A ou B.

### 4.12. Accotements des voies de circulation

Il est recommandé que les portions rectilignes des voies de circulation desservant une piste soient dotées d'accotement qui s'étendent symétriquement de part et d'autre de la voie de telle manière que la largeur totale des portions rectilignes ne soit pas inférieure aux valeurs suivantes à :

- 44 m lorsque la lettre de code est E ;
- 38 m lorsque la lettre de code est D ;
- 25 m lorsque la lettre de code est C.

Dans les virages des voies de circulation, aux jonctions ou aux intersections, où la chaussée a été élargie, la largeur des accotements ne devrait pas être inférieure à celle des accotements des portions rectilignes adjacentes des voies de circulation.

### 4.13. Recommandation générale

Lorsqu'une voie de circulation doit être utilisée par des avions à turbomachine, la surface des accotements devrait être traitée de manière à résister à l'érosion et à éviter la projection des matériaux de surface par le souffle des réacteurs.

### 5. Les Bandes De Piste

La piste, ainsi que les prolongements d'arrêt et les prolongements dégagés qu'elle peut comporter, est placée à l'intérieur d'une **bande** dite également « **bande dégagée de piste** ». Cette bande est destinée à :  
 -réduire les risques de dommage auxquels est exposé un aéronef qui sort accidentellement de la piste,  
 - assurer la protection des aéronefs qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage.

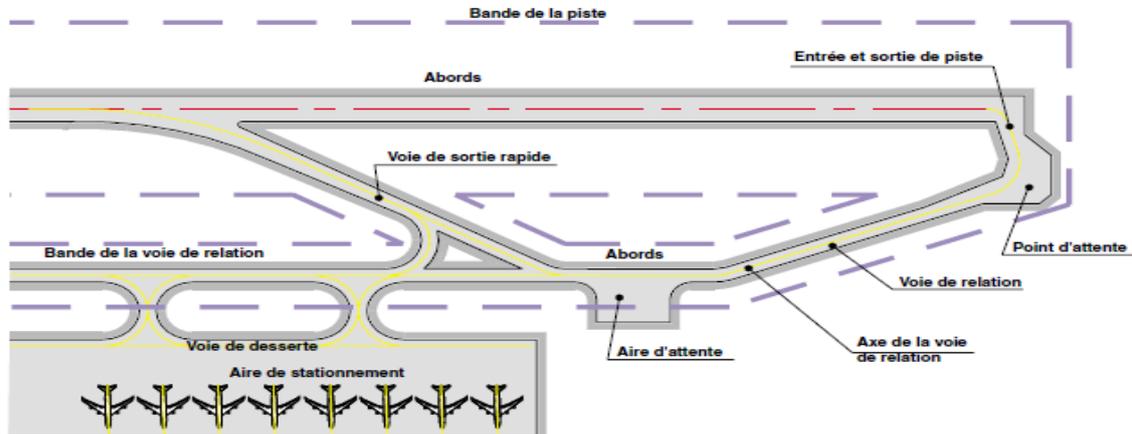


Figure.13 : Éléments constitutifs de l'aire de mouvement.



Figure.14 : La piste et ses bandes et ses 3 prolongements.

#### 5.1. Longueur de la bande

Une bande de piste doit s'étendre en amont du seuil et au-delà de l'extrémité de la piste ou du prolongement d'arrêt jusqu'à une distance **d** d'au moins :

	Code chiffre			
	1	2	3	4
Piste exploitée aux instruments	60	60	60	60
Piste revêtue exploitée à vue	30	60	60	60
Piste non revêtue	0	0	-	-

Tab.14 : Distance d en amont du seuil (valeurs exprimées en mètres)

Ces longueurs peuvent être déclarées en **prolongement dégagé**. Dans ce cas, il y a lieu de veiller à ce que les pentes respectent les règles précédemment énoncées à leur sujet.

#### 5.2. Largeur de la bande

La largeur d'une **bande de piste** dépend des conditions d'utilisation pour lesquelles la piste est prévue. Ainsi sera-t-elle au moins égale aux valeurs du tableau.15.

	Code chiffre			
	1	2	3	4
Piste exploitée aux instruments	150	150	300	300
Piste exploitée à vue	60(a)	80	150	150

(a) 80 m pour les pistes pour planeurs

Tab.15 : Largeur d'une bande (valeurs exprimées en mètres)

Si la longueur du prolongement dégagé est supérieure à celles énoncées dans le tableau ci-dessus, alors la longueur de la bande de piste doit s'étendre jusqu'à l'extrémité du prolongement dégagé.

### 5.3. Bande aménagée

La **bande aménagée de piste** est la partie de la bande englobant la piste - ainsi que le(s) prolongement(s) d'arrêt, lorsqu'il(s) existe(nt) - et dont la surface est aménagée pour accepter le roulement accidentel d'un avion.

La bande aménagée doit s'étendre sur toute la longueur de la bande. La largeur de la bande aménagée dépend des conditions d'utilisation pour lesquelles la piste est prévue. Elle sera au moins de :

	Code chiffre			
	1	2	3	4
<b>Piste exploitée aux instruments</b>	80	80	150	150
<b>Piste exploitée à vue</b>	60(a)	80	150	150

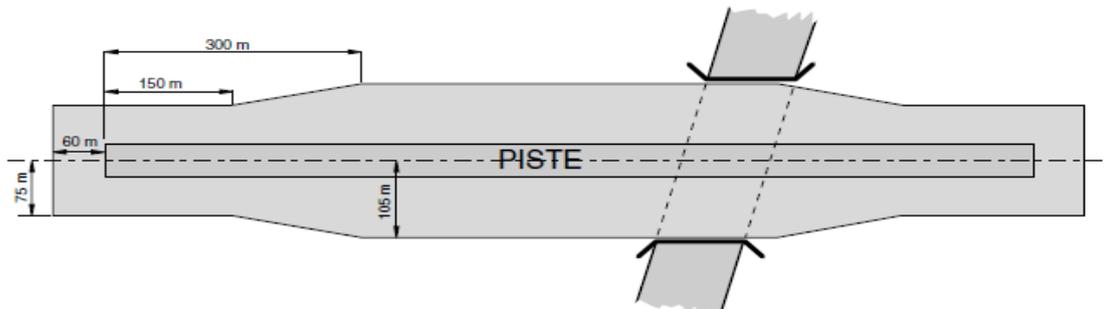
(a) 50 m pour les pistes non revêtues et 80 m pour les pistes pour planeurs.

**Tab.16** : Largeur d'une bande aménagée (valeurs exprimées en mètres)

Dans le cas où la piste passe au-dessus d'une route, d'une voie ferrée,..., la largeur de l'**ouvrage d'art** est définie comme indiqué par le schéma 3-26. La partie supérieure de cet ouvrage doit alors respecter les conditions imposées aux bandes aménagées.

Il est recommandé que, sur la bande aménagée, les changements de pente soient aussi graduels que possible, tout changement brusque ou inversion soudaine de la pente devant être évité.

S'agissant des **pistes non revêtues**, aucune distinction n'est à faire entre les pistes elles-mêmes et leurs bandes aménagées. Les autres caractéristiques des pistes destinées au lancement des planeurs, soit au treuil, soit en vol remorque, sont celles de pistes non revêtues pour avions. Dès que le nombre de planeurs à mettre en piste dépasse six unités, il est judicieux d'aménager sur un bord et à une petite distance (150 m environ) de l'extrémité de piste une aire d'attente de 20 m de profondeur et dont la longueur dépend du nombre de planeurs à stocker.



**Figure.15** : Zone à respecter par les ouvrages d'art.

### 5.4. Pentes de la bande

Les **profils en long et en travers des bandes de piste** doivent répondre à des conditions plus exigeantes dans la partie aménagée que dans la partie simplement dégagée.

#### 5.4.1. Pentes longitudinales

Hors partie aménagée, la pente longitudinale ne devra pas dépasser :

- 1,5% lorsque le chiffre de code est 4,
- 1,75% lorsque le chiffre de code est 3,
- 2% lorsque le chiffre de code est 1 ou 2\*. (\* cette valeur est également recommandée pour les pistes non revêtues)

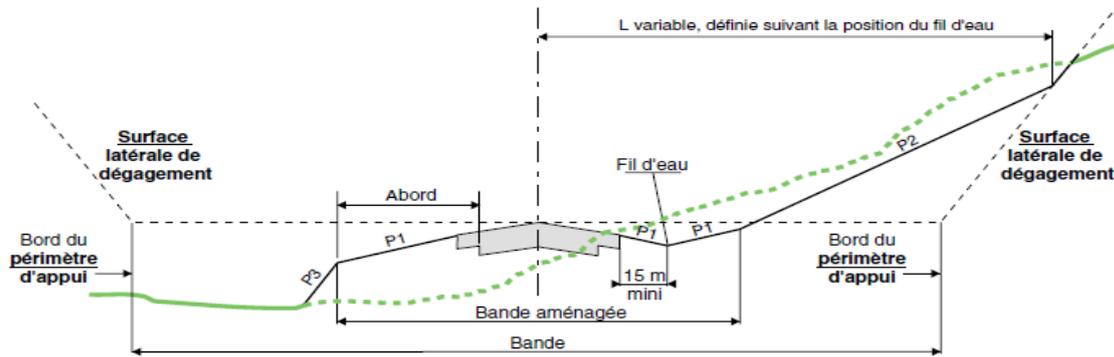
#### 5.4.2. Profil en travers de la bande

Sur la bande aménagée, les pentes transversales doivent être suffisantes pour empêcher toute accumulation d'eau à la surface sans pour autant dépasser les valeurs de :

- 2,5 % lorsque le chiffre de code est 3 ou 4,
- 3 % lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

## Chapitre 3 Conception Générale des Aérodomes (Partie 02)

La figure .16 et le tableau.17, qui lui est associe définissent les pentes transversales ne devant pas être dépassées sur la bande.



**Figure.16** : profil en travers d'une bande

Code chiffre	1 et 2	3 et 4
P1	3%	2.5%
P2	-	5%
P3	Pente d'équilibre des talus	

**Tab 17** : Pentes maximales admissibles pour le profil en travers d'une bande

### 5.5. Tableau récapitulatif

L'ensemble des caractéristiques géométriques des bandes de piste est regroupe dans le tableau 3-28.

CODE CHIFFRE	1	2	3	4
<b>Longueur minimale</b>				
Piste exploitée aux instruments	Piste + PA + 120 m (a)			
Piste revêtue exploitée à vue	Piste + PA + 60 m (b)	Piste + PA + 120 m (a)	Piste + PA + 120 m (a)	Piste + PA + 120 m (a)
Piste non revêtue	Piste + PA + PD	Piste + PA + PD	-	-
<b>Largeur</b>				
Piste exploitée aux instruments	≥ 150 m	≥ 150 m	≥ 300 m	≥ 300 m
Piste exploitée à vue	≥ 60 m (c)	≥ 80 m	≥ 150 m	≥ 150 m
<b>Largeur de la partie aménagée</b>				
Piste exploitée aux instruments	≥ 80 m	≥ 80 m	≥ 150 m	≥ 150 m
Piste exploitée à vue	≥ 60 m (c) (d)	≥ 80 m	≥ 150 m	≥ 150 m
<b>Pentes longitudinales des parties dégagée et aménagée</b>	≤ 2%	≤ 2%	≤ 1,75%	≤ 1,5%
<b>Pentes transversales de la partie aménagée</b>	≤ 3%	≤ 3%	≤ 2,5%	≤ 2,5%

**Tab.18** : Récapitulatif des caractéristiques géométriques des bandes.

**PA** : longueur du ou des prolongement(s) d'arrêt

**PD** : longueur du ou des prolongement(s) dégagé(s)

(a) si la piste possède un prolongement dégagé (≥ 60 m) a un seuil, la longueur de la bande sera de : piste + PD + 60m,  
si la piste possède un prolongement dégagé (≥ 60 m) a chaque seuil, la longueur de la bande sera de : piste + PD<sub>1</sub> + PD<sub>2</sub>

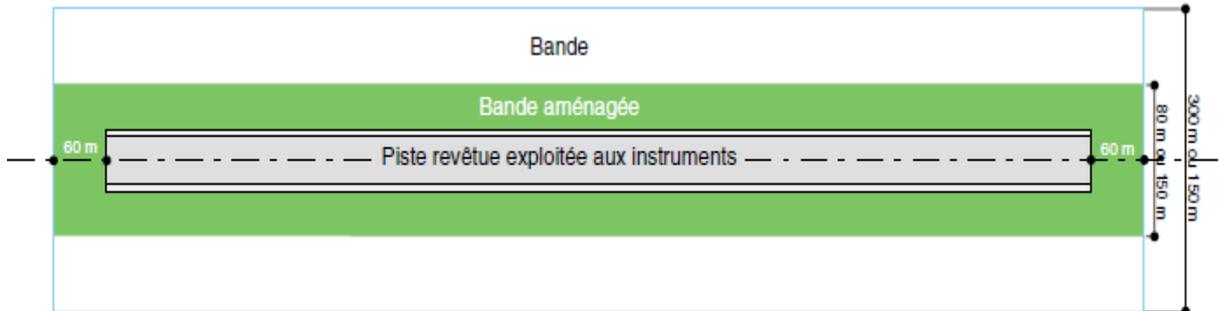
(b) si la piste possède un prolongement dégagé (≥ 30 m) a un seuil, la longueur de la bande sera de : piste + PD + 30m,  
si la piste possède un prolongement dégagé (≥ 30 m) a chaque seuil, la longueur de la bande sera de : piste + PD<sub>1</sub> + PD<sub>2</sub>

(c) 80 m pour les pistes pour planeurs

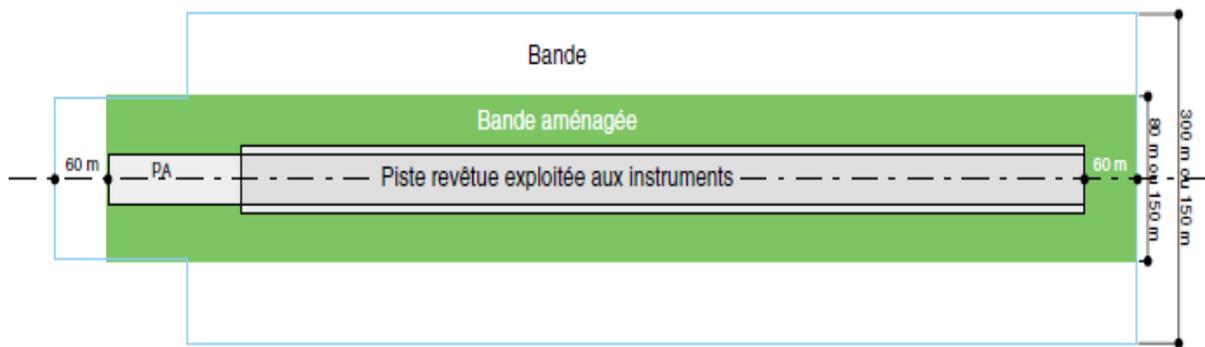
(d) 50 m pour les pistes non revêtues pour avions

### 5.6. Différentes configurations de bandes

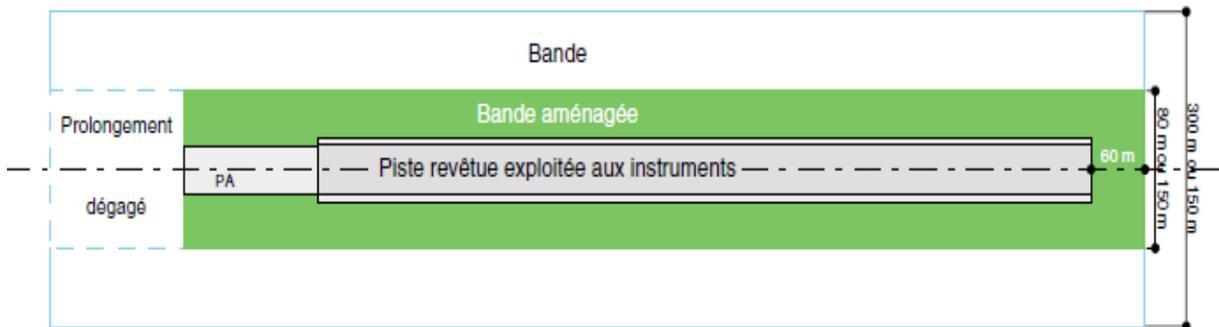
Les figures présentent dans différentes configurations non exhaustives les longueurs et largeurs des bandes et bandes aménagées associées aux pistes.



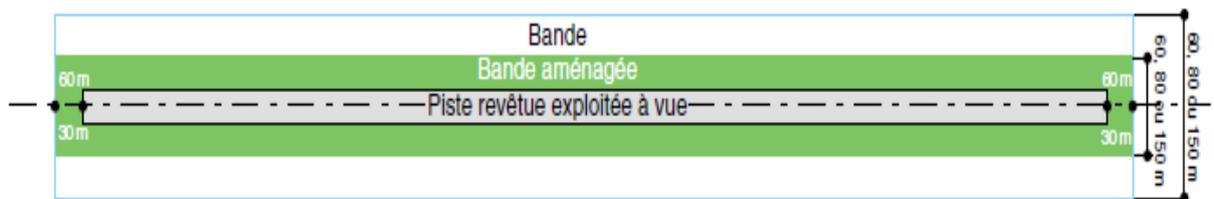
**Figure.17-a** : Piste exploitée aux instruments avec un dispositif équilibré.



**Figure.17-b** : Piste exploitée aux instruments avec un prolongement d'arrêt.



**Figure.17-c** : Piste exploitée aux instruments avec un prolongement d'arrêt et un prolongement dégagé.



**Figure.17-d** : Piste revêtue à vue avec un dispositif équilibré.

### 6. Les Aires de Stationnement

#### 6.1. Définition

Les aires de stationnement font partie de l'aire de mouvement, elles comprennent les aires de trafic, et dans certains cas des aires de garage et des aires d'entretien. Le terme « aire de stationnement » n'est pas utilisé dans l'annexe 14 à la convention de Chicago. Les aires, autres que les pistes et voies de circulation sont désignées sous le terme générique « aires de trafic ».

On note que l'appellation française est mieux significative, du moment que l'aire de stationnement est définie comme étant la surface « hors pistes et voies de circulation » destinée aux opérations de transbordement, de garage et d'entretien. Donc selon cette définition, l'aire de stationnement peut être constituée par :

- L'aire de trafic
- L'aire de garage
- L'aire d'entretien
- 

#### 6.2. Front des installations

Il faut noter que selon la réglementation française, tous les ouvrages autres que l'aire de mouvement et ses équipements appartiennent à une ou plusieurs zones dites zones des installations. De manière générale, les installations peuvent être de deux natures différentes :

- Installations destinées au public
- Installations destinées aux différents services d'exploitation de l'aéroport.

La limite entre les zones d'installations et l'aire de mouvement est dite front des installations.

Le front des installations peut évoluer au cours de la croissance de l'aéroport, à cause des constructions nouvelles ou des extensions des installations existantes (extension de l'aérogare par exemple). Au cours de cette évolution, toutefois, les avancées du front des installations en direction de l'aire de stationnement doivent rester en deçà d'une ligne qui représente l'emplacement ultime que peut atteindre le front des installations. Cette limite ultime est établie de façon à permettre l'accès de l'aire de stationnement aux avions les plus contraignants envisagés à terme sur l'aéroport, compte tenu de leurs dimensions et des espaces que requiert leur manœuvre au sol.

Cette ligne est donc inscrite dans les documents de planification à long et moyen termes, qui sont l'avant-projet de plan de masse et le plan de composition générale. Elle y prend en générale le nom de « front des installations », sans autre précision. Il doit être alors implicitement compris qu'il s'agit en fait de la limite assignée au front des installations, et qu'elle peut ne pas correspondre à la position réelle du front des installations au moment où l'on établit l'avant projet du plan de masse ou le plan de composition générale. Pour les aéroports de faible ou moyenne importance, le front des installations est le plus souvent en phase ultime rectiligne et parallèle à la piste.

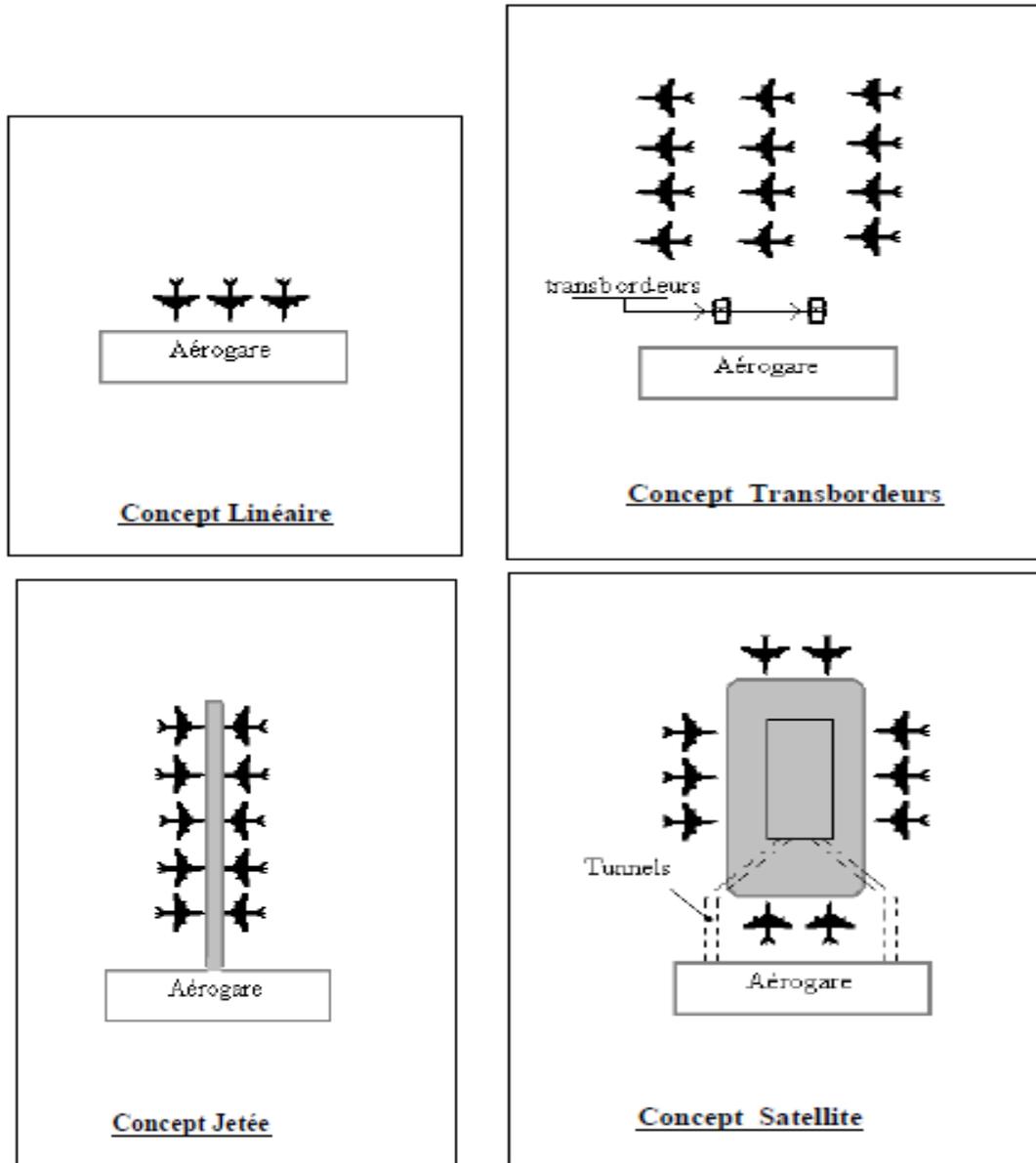
#### 6.3. Organisation de l'aire de stationnement

Pour des aéroports importants, l'organisation générale des installations et de l'aire de stationnement dépend du concept retenu pour l'aérogare et conduit rarement à prévoir un front des installations rectiligne. D'ailleurs que le front soit rectiligne ou non, une étude spécifique s'impose presque toujours. Cette étude doit tenir compte des caractéristiques des avions attendus sur l'aéroport, et de la spécialisation éventuelle de certaines parties de l'aire de stationnement et de l'aérogare à certains types d'avions. La distance entre l'axe d'une piste et le front des installations qui en résulte, peut être assez différente de celle mentionnée au tableau précédent.

A titre indicatif la **Figure.18** schématise les quatre principaux concepts de base pour l'ensemble aéroport-aire de trafic :

- Le concept « Linéaire » : les avions sont alignés au contact de l'aéroport ;
- Le concept « jetée » : les avions sont rangés de part et d'autre d'une jetée issue de l'aéroport ;
- Le concept « satellite » : les avions stationnent autour d'un satellite construit au centre d'une aire de stationnement, à une certaine distance de l'aéroport ;
- Le concept « transbordeur » : un véhicule spécial recueille les passagers de l'aéroport et les conduit directement aux portes des avions stationnant sur les postes éloignés de l'aéroport.

Dans les aéroports à fort trafic, ces concepts se combinent le plus souvent.



**Figure 18** : Concepts de stationnement.

### 6.4. Manœuvre et mode de stationnement

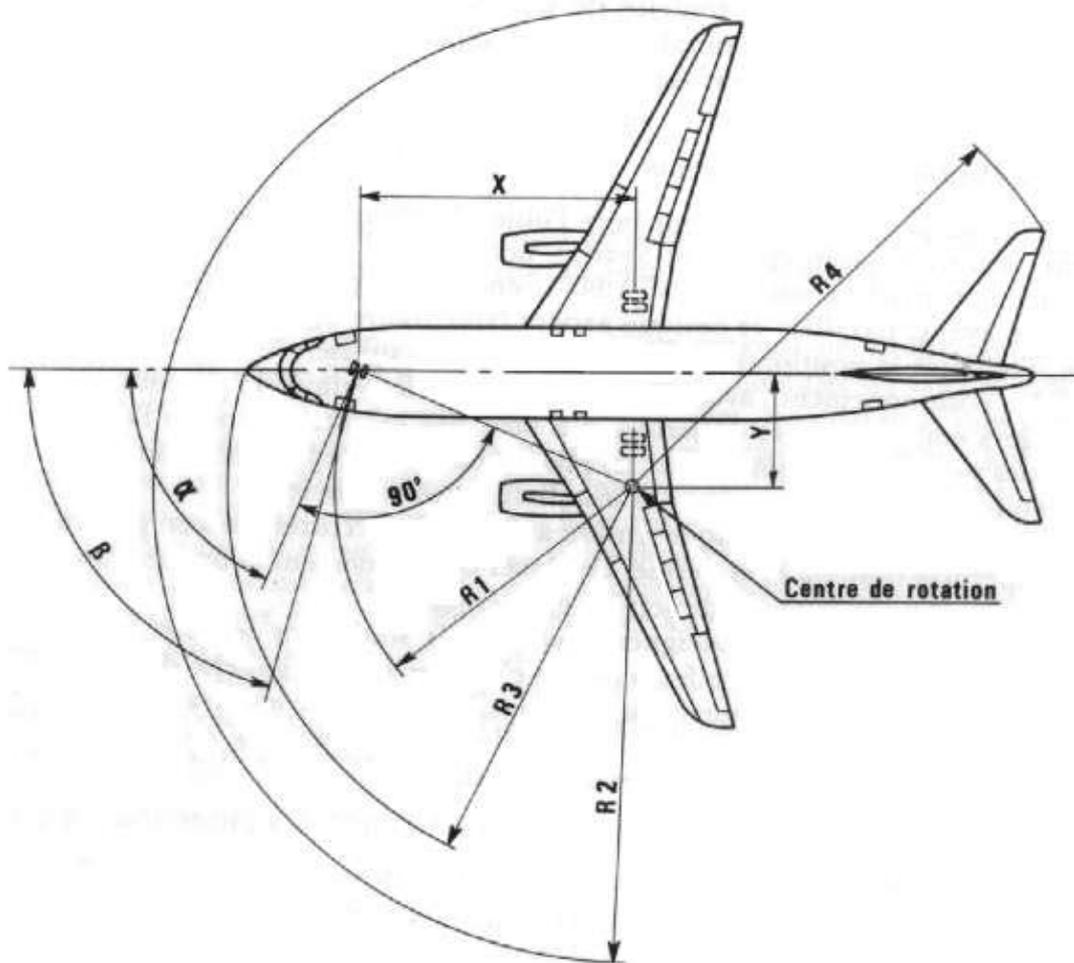
Lors de la conception des aires de stationnement on doit tenir compte du mode de stationnement de l'avion auquel un poste est réservé. Pour le stationnement proprement dit on distingue deux types de manœuvres : manœuvre autonome et manœuvre poussée.

### Chapitre 3 Conception Générale des Aéroports (Partie 02)

- Manœuvre autonome : dans ce cas l'avion circule à l'aide de ces moteurs. Le pilote peut être assisté ou non d'un placeur, est aidé de ligne de marques de guidage tracées sur la chaussée.

Au cours des manœuvres de virage, chacun des points de l'avion décrit un cercle dont le plus grand est appelé cercle d'évolution (**Voir Figure.19**). La position du centre de rotation et le rayon du cercle d'évolution dépendent de l'angle de braquage de la roulette de nez qui est une caractéristique de l'avion, l'angle pratique maximal étant en général de 10% inférieur à l'angle mécaniquement possible.

- Manœuvre poussée : dans ce cas l'avion se positionne à l'arrivée de façon autonome sur une ligne droite, et un tracteur spécial est utilisé ensuite pour le poussage de l'appareil. La manœuvre poussée n'est pratiquement utilisée que pour des cas particuliers de positionnement de l'avion (avant ou oblique).



**X** : Empattement

**Y** : Distance du centre de rotation à l'axe longitudinal de l'appareil

**R1** : Rayon de virage de la roulotte avant

**R2** : Rayon de virage de l'aile

**R3** : Rayon de virage du nez

**R4** : Rayon de virage de l'empennage

**$\alpha$**  : Braquage pratique = 0,9  $\beta$

**$\beta$**  : braquage théorique

**Figure.19** : Avion en Braquage.

### 6.5. Positionnement de l'avion

De par sa conception, l'avion peut théoriquement effectuer n'importe quel positionnement, toutefois on prenant en considération le fait que le débarquement et l'embarquement des passagers se fassent du côté gauche de l'avion, certains positionnements offrent de meilleures possibilités, on distingue:

- Positionnement oblique arrière à 45°
- Positionnement parallèle (peu utilisé)
- Positionnement oblique avant à 45°
- Positionnement perpendiculaire

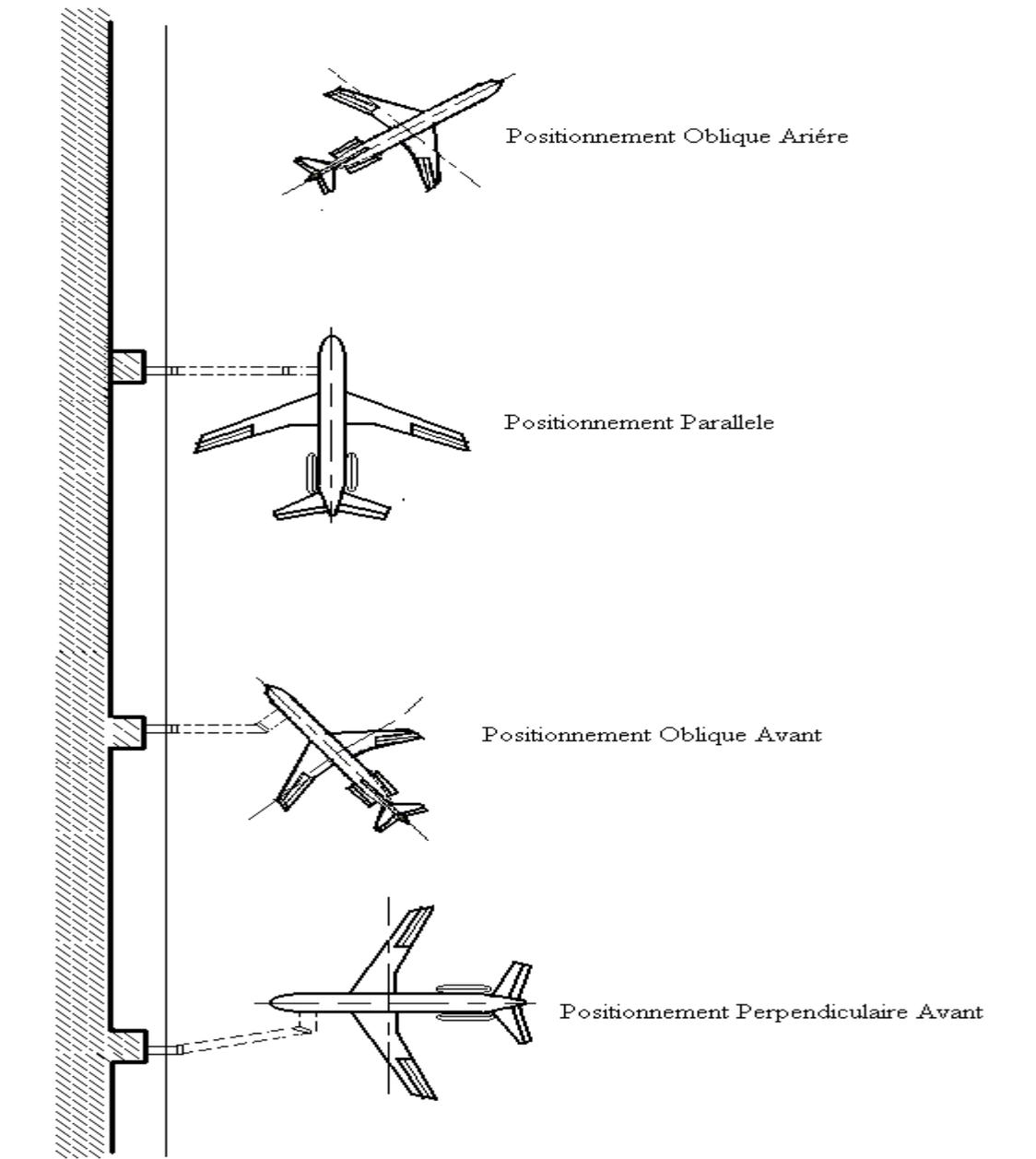


Figure 20 : Positionnement des avions.

### **6.6. Nombres et taille des postes de stationnement**

Le nombre et la taille des postes de stationnement dépendent en premier lieu des prévisions du volume du trafic affecté à l'aérodrome. Ces prévisions se basent généralement sur une étude à court et à long terme du trafic. Cette étude permettra de déterminer approximativement le nombre de poste nécessaire pour chaque classe de catégorie d'avions.

### **6.7. Accotements des aires de stationnement**

La circulation des avions sur les aires de stationnement se fait obligatoirement à vitesse réduite, le risque de les voir quitter accidentellement la chaussée est donc très faible. Pour des aérodromes importants, la circulation des véhicules terrestres se fait souvent sur les accotements, c'est pourquoi, ces derniers peuvent être dimensionnés comme chaussées routières.

Il faut noter que les aménagements à effectuer sur les accotements se limitent à la réalisation de bandes anti-souffle au bord des aires utilisées par des avions à réacteurs.

### **6.8. Pentés des aires de stationnement**

L'établissement du plan de nivellement d'une aire de stationnement est une opération assez complexe qu'il convient d'examiner avec attention pour tenir compte des facteurs parfois contradictoires.

Le choix de la valeur à donner à la pente résulte d'un compromis entre la nécessité de se rapprocher au maximum de l'horizontal pour faciliter le mouvement des avions au sol, et l'obligation de favoriser, par une pente assez forte, l'écoulement rapide des eaux de ruissellement. La pente maximale recommandée est de 1%. Cette pente doit être orientée dans le sens des sorties des postes de stationnement de départ des avions.

Chapitre 4

**CHAUSSEES & ASSAINISSEMENT  
DES AERODROMES**

## 1. Généralité

L'aménagement de l'aire de manœuvre d'un aéroport implique la construction de chaussées spécialement conçues pour pouvoir répondre aux exigences techniques nécessaires à l'évolution des avions et spécifiques aux particularités des aéroports. La chaussée d'aéroport que ce soit propre à une Piste, une voie de circulation ou une aire de stationnement, est constituée par un ensemble de couches juxtaposées constituées par différents matériaux de qualités croissantes de bas en haut. Le choix de la nature des matériaux constituant ces différentes couches définit d'une manière générale le type de chaussée.

## 2. Spécificités Des Chaussées Aéronautiques

Relativement aux chaussées routières, les chaussées d'aéroport se particularisent par leur aspect fonctionnel et structurel, différent et beaucoup plus important que celui des routes. Les charges appliquées aux chaussées aéronautiques peuvent être considérablement supérieures à ceux des routes. Certains boggies d'avions (Boeing 747) peuvent atteindre 90 tonnes, tandis que les routes sont généralement conçues pour l'action d'une charge d'essieu de 13 tonnes.

L'intensité du trafic sur une chaussée aéronautique est sans commune mesure avec celle qui existe sur les routes, non pas de point de vue fréquence du trafic mais beaucoup plus de point de vue canalisation du trafic, aussi du fait de leurs grandes surfaces géométriques et leurs faibles pentes, les chaussées aéronautiques sont beaucoup plus exposées aux conditions climatiques que les chaussées routières.

De ce fait, les chaussées aéronautiques sont appelées à satisfaire les conditions suivantes :

- Le chargement très élevé dû à la masse des avions exige un calcul plus important des épaisseurs de chaussées.
- Les profils en long et travers de chaussées d'aéroport doivent obéir à une certaine régularité exigée par le mode d'évolution au sol des avions.
- La variation de la fréquence du trafic et de sa dispersion sur l'aire de manœuvre, exigent des considérations spéciales de pondération des charges selon la fonction de chaque partie de la chaussée.
- Les chaussées d'aéroport doivent être dotées par des couches de surface qui leur assurent une résistance aux souffles (et chaleur) dégagés par les réacteurs des avions et à l'action chimique du carburant.

Les travaux d'entretien des chaussées d'aéroport, exigent l'arrêt total de la circulation sur les chaussées à entretenir, ce qui implique la nécessité d'une conception initiale robuste et sûre, nécessitent un minimum d'entretien durant leur exploitation.

## 3. Structure Des Chaussées Aéronautiques

La structure des chaussées aéronautiques est constituée principalement de trois couches distinctes, de qualités croissantes de bas en haut :

- **La couche de surface ou couche de roulement** : assure un rôle fonctionnel (étanchéité, bon uni, rugosité) et un rôle structurel.
- **La couche de base** : assure essentiellement un rôle structurel en diffusant et diminuant les contraintes sur la couche de fondation et le sol support, constitue une bonne assise pour la couche de surface.
- **La couche de fondation** : assure un support à la couche de base et en particulier permet le bon compactage de cette dernière, Participe à la répartition des contraintes sur le sol support.

On note aussi la présence d'autres couches supplémentaires dans certains cas de chaussées :

- **Une sous couche**: conçue pour éviter la remontée des eaux de la nappe phréatique (rôle anticapillaire), et empêcher la contamination des couches supérieures par les sols supports argileux (rôle anti contaminant).
- **Une couche de forme** : La couche de forme constitue une liaison entre les terrassements proprement dits et la chaussée. L'intérêt de disposer d'une couche de forme n'est pas seulement de conduire à une réduction de l'épaisseur de la chaussée, mais elle répond à des buts divers : comme le réglage de la

circulation de chantier, la protection du sous-sol contre les intempéries, l'anticontamination, l'amélioration et homogénéisation de la portance du support de chaussée et la protection contre le gel.

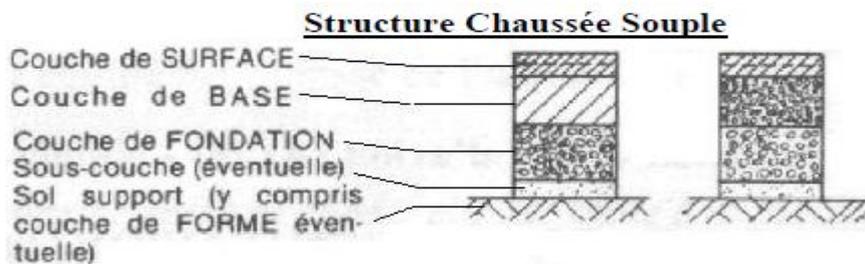
#### 4. Type de Chaussées Aéronautiques

Selon la nature des matériaux constituant les différentes couches de la structure d'une chaussée, on distingue les quatre types de chaussées suivantes :

- les chaussées souples ;
- les chaussées semi-rigides ;
- les chaussées rigides ;
- les chaussées composites

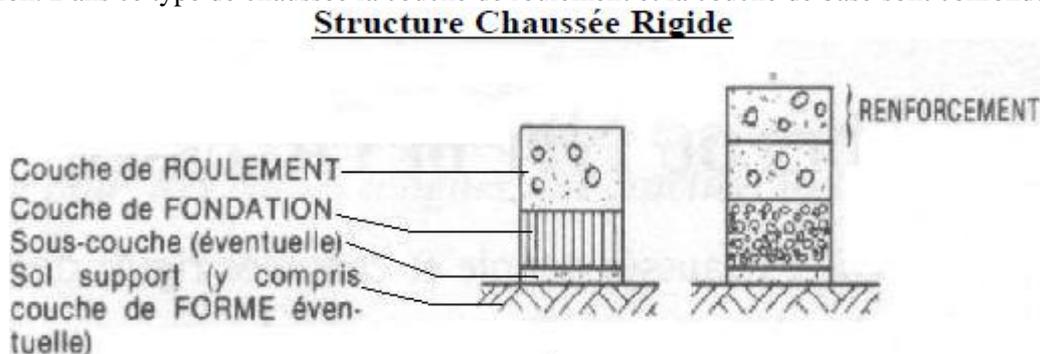
- **Chaussée souple**

C'est une chaussée dont la structure est constituée par une couche de roulement et d'une couche de base composée de matériaux traités aux liants hydrocarbonés et d'une couche de fondation en matériaux non traités.



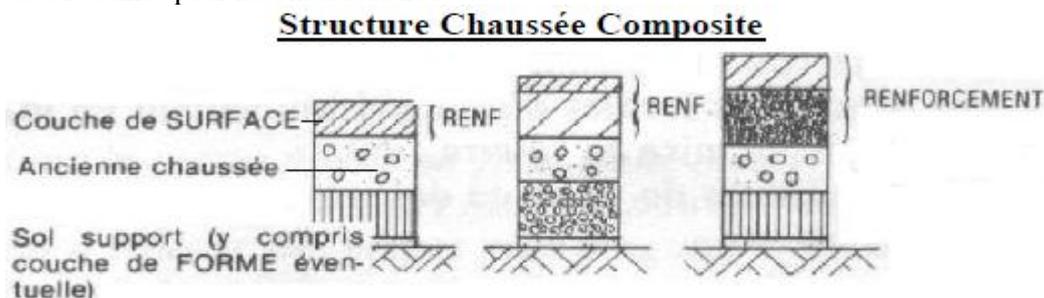
- **Chaussée rigide**

Une chaussée rigide est constituée principalement par une dalle en béton de ciment et une couche de fondation. Dans ce type de chaussée la couche de roulement et la couche de base sont confondus.



- **Chaussée composite**

C'est une chaussée résultant du renforcement d'une chaussée rigide par une chaussée souple. Cette structure est donc constituée par une couche de roulement en matériaux traités aux liants hydrocarbonés reposant sur une dalle en béton de ciment jouant le rôle d'une couche de base. Ce ne peut être utilisé pour les chaussées neuves.

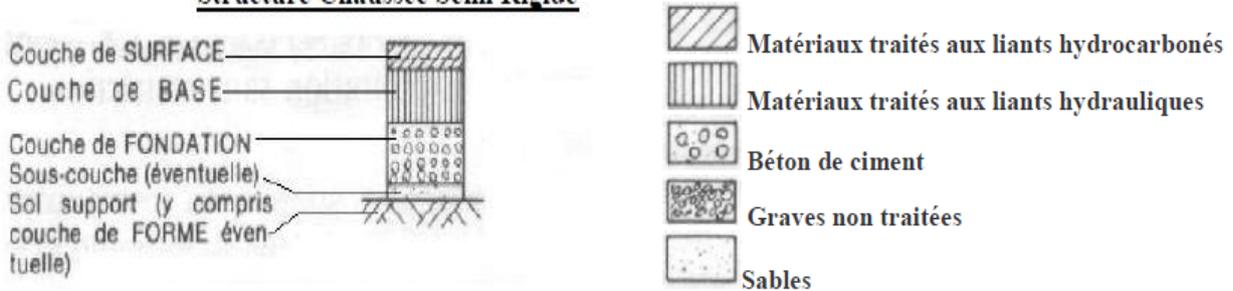


• **Chaussée semi-rigide**

C'est une chaussée dont la structure est composée d'une couche de roulement constituée de matériaux traités aux liants hydrocarbonés et d'une couche de base constituée de matériaux traités aux liants hydrauliques. L'expérience aéronautique a montré que l'usage de ce type de chaussées présente plusieurs inconvénients, elles sont à éviter.

Dans la suite de ce manuel, il n'est considéré que deux catégories principales de chaussées aéronautiques : les chaussées souples et les chaussées rigides.

**Structure Chaussée Semi Rigide**



**5. Choix d'un Type de Chaussée**

Le choix d'un type de chaussée dépend d'un grand nombre de considérations relatives, en particulier :

- Aux coûts de construction
- Aux conditions locales d'approvisionnement en matériaux
- Au climat
- Au sol support
- Aux possibilités d'assurer l'entretien convenable et peu onéreux
- Au trafic
- Aux délais d'exécution
- Aux possibilités de programmation des travaux
- Aux divers problèmes techniques
- A la technicité disponible des entreprises de réalisation

Il n'est pas possible de préciser dans quel cas il faut prévoir une chaussée rigide plutôt qu'une chaussée souple, cependant le choix ne pourra être fait qu'après une étude complète des deux procédés, impliquant les considérations susmentionnées et tenant compte des avantages et inconvénients que chaque type présente.

	<b>Chaussée Souple</b>	<b>Chaussée Rigide</b>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement et réparations très faciles</li> <li>• Absence de joints</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande dureté</li> <li>• Bonne répartition des charges sur le sous-sol</li> <li>• Imperméable, séchage rapide, nettoyage facile</li> <li>• Exige moins de matériaux</li> <li>• peu d'entretien</li> <li>• Bonne résistance aux carburants et souffles des réacteurs</li> <li>• Meilleure visibilité (teint clair)</li> </ul>

<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entretien plus onéreux</li> <li>• Mauvaise résistance aux carburants et souffle des réacteurs</li> <li>• Fondation très importante</li> <li>• Moins bonne visibilité (teint sombre)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible élasticité</li> <li>• Risque de fissuration</li> <li>• Présence de joints donc de points faibles structurels.</li> <li>• Entretien courant des joints relativement onéreux</li> <li>• Réparation et renforcement difficiles.</li> </ul>
----------------------	---	---

Il faut aussi noter que les chaussées rigides vieillissent moins rapidement que les chaussées souples sous réserve d'un entretien constant des joints, elles sont assez souvent conseillées pour les zones d'aérodrome à très fort trafic. A titre indicatif, pour la construction du revêtement léger destiné aux accotements de piste, aux prolongements d'arrêt, une structure de chaussée du type souple est préférable. Pour les aires de stationnement et les extrémités des pistes de préférence en chaussée de type rigide.

### 6. Choix d'une Constitution de Chaussée

Le choix d'une constitution de chaussée est basée sur des règles structurelles, des règles de construction et des règles 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.

• **Pour les chaussées souples :**

Couches	Composition	Matériaux	Abréviation	Epaisseurs minimales (cm)
<b>Couche de roulement</b>	Matériaux traités aux liants hydrocarbonés	Béton bitumineux	BB	2
<b>Couche de base</b>	Matériaux traités aux liants hydrocarbonés	Grave -bitume	GB	10
<b>Couche de fondation</b>	Matériaux non traités	Grave Non- traité	GNT	20

Pour assurer un bon comportement des couches supérieures de la chaussée il est nécessaire de prévoir une épaisseur suffisante de matériaux traités aux liants hydrocarbonés. La détermination cette minimale serait exposée au chapitre dimensionnement de chaussées souples.

• **Pour les chaussées rigides :**

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

### Dispositions constructives des joints :

La disposition des joints longitudinaux par rapport à l'axe de la chaussée doit être étudiée de sorte à limiter le risque de chargement alterné des dalles de part et d'autre de ces joints par les atterrisseurs principaux des avions les plus contraignants.

### En cas de présence d'une sous-couche :

Le matériau choisi pour la réalisation de la sous-couche doit avoir des propriétés drainantes et Anti-contaminants vis-à-vis de la couche de fondation. Le matériau constituant la sous-couche doit vérifier les conditions suivantes :

- si le sol support est bien gradué,  $\frac{d_{15}}{D_{85}} < 5$ , ou si le sol support a une granulométrie uniforme,  $\frac{d_{15}}{D_{85}} < 4$
- $5 < \frac{d_{15}}{D_{85}} < 25$
- La courbe granulométrique de la sous-couche, doit être approximativement parallèle à la courbe granulométrique du sol support.

$d_{15}$  : est la dimension du tamis laissant passer 15% du matériau de sous-couche.

$D_{15}$  : est la dimension du tamis laissant passer 15% du matériau du sol support.

$D_{85}$  : est la dimension du tamis laissant passer 85% du matériau du sol support.

### 7. Notion D'épaisseur Equivalente

Les abaques utilisés pour la détermination des épaisseurs de chaussées (dimensionnement) sont basés sur la formule CBR établie expérimentalement par le corps of engineerings américains. Cette formule donc, permet de calculer l'épaisseur réelle d'un massif homogène constitué par un matériau de référence (Grave non traitée, concassée et bien gradué et de module d'élasticité E=500 MPa)

Dans la réalité, la chaussée est composée de plusieurs couches présentant des qualités mécaniques très différentes. La notion de coefficient d'équivalence permet de résoudre cette difficulté. Cette question a été étudiée par le LCPC suite aux essais américains de l'AASHO.

A titre indicatif, le coefficient d'équivalence d'une couche de module E est égale à :

$$Ce = \sqrt[3]{\frac{E}{500}} \quad E : \text{en MPa}$$

Le coefficient d'équivalence de certains matériaux (enrobais bitumineux par exemple) est variable dans la mesure où le module varie lui même en fonction de certains paramètres physiques (température, fréquence de sollicitation) les valeurs proposées dans le dimensionnement sont donc en faite des moyennes

Pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches constituant les chaussées aéronautiques souples, la notion de l'épaisseur équivalente est introduite. Chaque couche de matériau est caractérisée par son coefficient d'équivalence. L'épaisseur réelle de la couche multipliée par ce coefficient d'équivalence donne l'épaisseur équivalente propre à chaque couche.

Le tableau suivant présente les coefficients d'équivalence des matériaux neufs couramment utilisés pour la construction des chaussées, établit par le laboratoire français des ponts et chaussées (LCPC).

Matériaux neufs	Coefficient d'équivalence «CE »
Béton bitumineux à module élevé	2,5
Béton bitumineux aéronautique standard, enrobé dense (NF P 98 131)	2
Enrobé à module élevé	1,9
Grave bitume standard	1,5
Grave émulsion	1,2
Grave traité aux liants hydrauliques (ciment, laitier, cendres volantes, chaux)	1,5
Grave concassée bien graduée	1
Sable traité aux liants hydrauliques (ciment, laitier)	1
Grave roulée	0,75
Sable	0,5

**Tableau.1 : Coefficients d'équivalence des matériaux neufs utilisés pour la construction des chaussées.**

## **8. Durée de Vie d'une Chaussée Aéronautique**

La durée de vie structurelle d'une chaussée étant définie comme la période à la fin de laquelle la portance de la chaussée devient insuffisante pour pouvoir recevoir et supporter sans risque, le trafic pour lequel elle a été initialement conçue. Une réduction du trafic ou un renforcement de la structure de la chaussée alors s'imposent.

En prenant en considération l'évolution du trafic, la rentabilité de l'investissement et de durabilité des matériaux constitutifs, Les chaussées aéronautiques sont conventionnellement dimensionnées pour une durée de vie normale de dix années. Une durée de vie plus longue peut être considérée spécialement pour les chaussés de type rigide.

Durant la durée de vie normale d'une chaussée, seules des opérations d'entretien courant sont effectuées pour la conservation des qualités fonctionnelles de la surface de roulement.

## **2. Assainissement Des Aérodrômes**

### **1. Généralités**

L'assainissement d'un aéroport constitue une étape très importante, aussi bien au niveau de l'étude, de la réalisation, que de l'exploitation de cet aéroport, ce ci est du principalement à:

- La nature topographique des sites des aérodrômes (généralement conçus sur des assiettes à relief plats.
- L'importance dimensionnelle des surfaces revêtues (chaussées) et leurs faibles pentes
- L'influence directe de la présence des eaux de surfaces sur les chaussées et son impact sur la fluidité du trafic aérien (risque d'aquaplanage des avions).
- L'éventuelle présence des nappes phréatiques

Un mauvais fonctionnement du système d'assainissement des eaux superficielles par exemple, cause la stagnation des eaux au niveau des chaussées ou des accotements et s'accompagne inévitablement par son infiltration progressive dans le corps de la chaussée, ce qui provoque de graves dégradations structurelles et fonctionnelles, d'où la perte de portance, fissures, tassement, nids de poule etc.

Pour faire face aux menaces de l'eau sur les chaussées d'aérodrômes, le réseau de drainage doit assurer :

- L'évacuation rapide des eaux de ruissellement (de surface)
- L'imperméabilisation des structures afin d'empêcher le moindre contact des eaux avec le corps de chaussée, aussi bien par infiltration (des eaux de surface) que par remontée (des eaux de la nappe).

### **2. Etude du Réseau d'Assainissement**

La conception du réseau d'assainissement doit découler de l'étude globale des eaux superficielles et souterraines sur l'ensemble de l'aéroport. Il faut examiner avec soins, les différents bassins versants qui alimentent le réseau et les possibilités d'évacuation hors de l'emprise. Cette étape doit comporter :

- Pour les eaux superficielles
  - Une étude des cours d'eau et exutoires naturels aux abords de l'aéroport
  - La délimitation des différents bassins versants hors et sur l'emprise de l'aéroport 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'aéroport et à l'extérieur s'ils sont nécessaires.

Selon la nature des eaux à évacuer, l'étude de l'assainissement d'un aéroport comprend trois volets:

### 3. Assainissement des Eaux de Ruissellement

Ce volet repose sur le principe de l'écoulement rapide des eaux de pluie vers les points les plus bas des chaussées et d'assurer ensuite leurs évacuations par voie d'un réseau constitué par un ensemble d'ouvrages hydrauliques.

#### 3.1. Dispositifs de collecte

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), Voir Figure.2(a).
  - b. Par à un collecteur courant latéral, Voir Figure.1(b).
  - c. Par un système intermédiaire, reliés sous le revêtement par une canalisation de faible section qui évacue les eaux dans un collecteur latéral. Voir Figure.1(c).

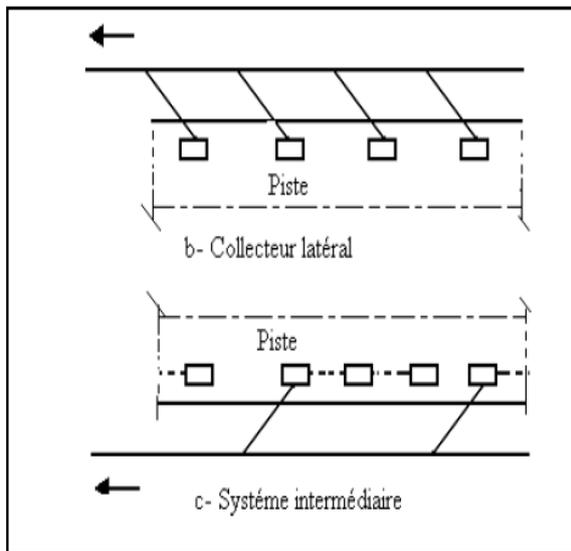


Figure.1 Dispositifs de collecte continue

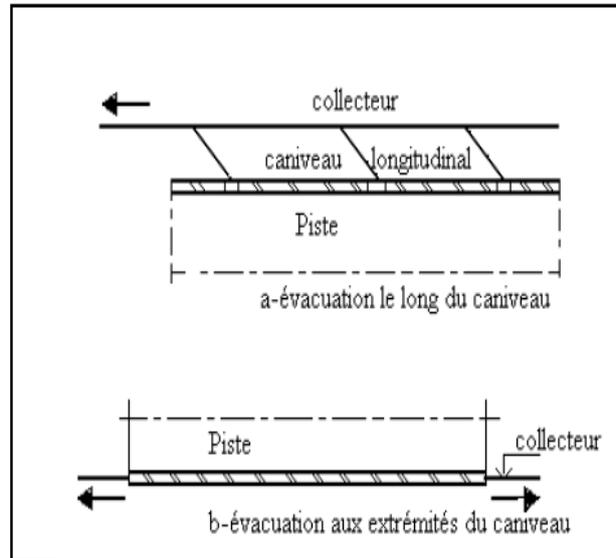
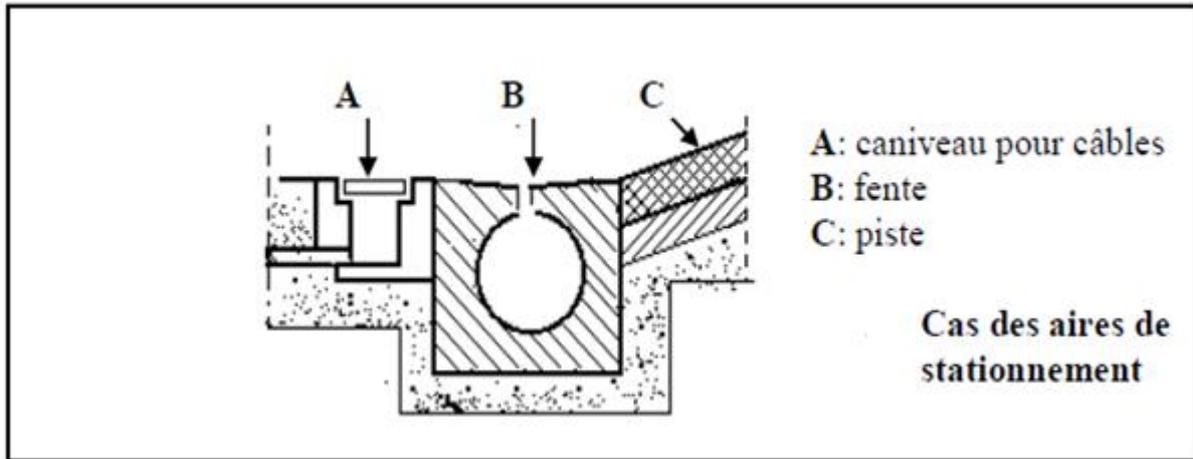


Figure.2 Dispositifs de collecte discontinue

- **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 au caniveaux ; Voir Figure.2 (a).
  - b. Les évacue longitudinalement vers les collecteurs d'extrémités. Voir Figure.2(b).

Le dispositif de collecte continue est considéré comme la meilleure option de drainage, car de par leur disposition (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.

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. Montré dans la Figure.3.



**Figure.3 :** Caniveau à fente de Type SATUJO

Les aires de stationnement sont généralement protégées, à leur périphérie, par un drain d'isolement. En raison de leurs dimensions, il n'est pas toujours possibles de placer les ouvrages de collecte des eaux sur cette périphérie ; ils sont alors placés le long de lignes traversant l'aire, dont les pentes conduisent l'eau à ces ouvrages, et évacuent les eaux dans des collecteurs extérieurs à l'aire.

### 3.3. Évacuation par fossés

Les ouvrages de collecte et d'évacuation malgré leur efficacité restent un moyen assez onéreux.

Il est donc économiquement important pour le concepteur de considérer l'option classique d'évacuation des eaux de ruissellement, qui consiste à faire rejeter les eaux tombées sur les chaussées des pistes et des voies de circulation loin de ces dernières, en les laissant ruisseler sur le sol (par gravitation) ; on donne alors aux bandes d'envol une pente descendante depuis l'ouvrage, et on l'inverse à quelque distance (en principe au bord extérieur de la bande d'envol ou à une dizaine de mètres du bord de la voie de circulation, de façon à constituer un fossé très plat mais très large qui recueille les eaux et les évacue à ciel ouvert.

Cette façon de procéder, qui a l'inconvénient de laisser détremper le sol avoisinant par les eaux provenant de l'ouvrage, suppose :

- Que le drain d'isolement est pourvu, à sa partie supérieure, d'un masque imperméable de façon qu'il continue à protéger efficacement le sous sol de l'ouvrage contre les eaux infiltrées latéralement, et n'absorbe pas les eaux de ruissellement provenant de l'ouvrage, ce qui irait à l'encontre de ce but ;
- Que les accotements de la piste ou de la voie de circulation sont imperméables sur une certaine largeur, de façon qu'ils restent résistants en surface et qu'un avion puisse exceptionnellement rouler dessus.

## 4. Assainissement des Eaux Souterraines

Les aérodomes sont souvent réalisés sur des vallées où le niveau de la nappe est proche de la surface du sol. Pour protéger la fondation de la chaussée contre l'action des eaux qui peuvent monter par capillarité (redoutable dans le cas de terrain limoneux et argileux), deux possibilités se présentent selon la nature du terrain : soit le soulèvement de la chaussée par la construction de remblais ou l'introduction sous la fondation de la chaussée, d'une couche d'un matériau anti-contaminant (sable à gros grains).

La percolation des eaux à travers les chaussées peut se produire pendant les travaux de construction (jusqu'à la mise en place d'un revêtement imperméable) ou après ces travaux si ce revêtement n'est pas rigoureusement imperméable. Cette percolation peut être catastrophique si le sous-sol est argileux et si aucune disposition n'a été prise pour évacuer les eaux qui s'accumulent au niveau de la fondation.

Aussi, dans tous les cas où le sous sol est imperméable, il est prudent de prévoir sous la chaussée, au dessus d'un fond de fouille parfaitement dressé, une couche drainante et des drains longitudinaux

capables d'assurer l'évacuation rapide des eaux percolées. Le dispositif utilisé à l'aérodrome Haouari Boumediene d'Alger, en est un bon exemple présenté dans la Figure.4.

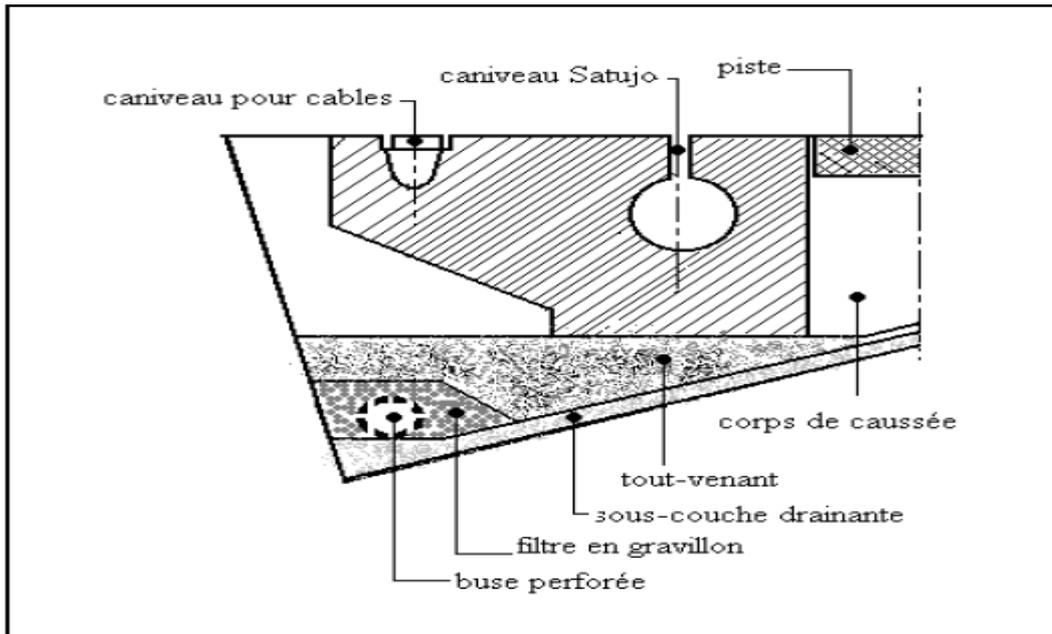


Figure.4 : Exemple d'assainissement des eaux souterraines

### 5. Assainissement des Eaux Polluées

Ces eaux proviennent généralement des ateliers d'entretien, des caoutchoucs des pneus d'avion, de la présence de kérosène sur les aires de stationnement. Ceux ci, doivent être acheminés par un réseau de drainage indépendant vers un éventuel traitement physicochimique, avant leur rejet dans le réseau de ruissellement.

### 6. 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 averses 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 :

$$Q=2.778 \times C.I.A$$

**Q** : Le débit en liter par seconde (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.

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

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 :

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 gazonnes	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.

### 6.1. 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 un fréquence de 10ans.

### 6.2. 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.

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

**Q** : débit en m<sup>3</sup>/s

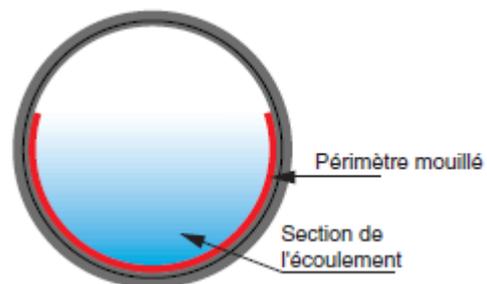
**N** : coefficient de rugosité de la canalisation (il dépend de nature de la canalisation)

**R** : Rayon hydraulique en m ; R=section de l'écoulement (m<sup>2</sup>)/périmètre mouillé (m)

**I** : pente de la canalisation (point de versement)

**S** : section transversale de l'écoulement.

Nature de la canalisation	n
Tuyau en béton	
-Conduite circulaire à parois lisses sans joint	0,013
-Conduite circulaire de qualité normale	0,015
-Conduite circulaire avec joints, écoulement médiocre	0,018
Tuyaux en acier	0,015
Tuyaux en tôle ondulée	0,024
Tuyaux de type PVC	0,013



### 6.3. Les Ouvrages D'interception

Ces ouvrages permettent soit de réguler le débit soit d'intercepter un type de pollution. Ils sont détaillés dans les fiches « ouvrages ».

#### **6.4. 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.



Bassin de rétention sur l'aérodrome



Bassin de décantation sur l'aérodrome

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.

#### **6.5. Résumé sur le Dimensionnement d'un Réseau de Drainage**

Le dimensionnement d'un réseau de drainage comprend les phases suivantes :

1) Premier dimensionnement se décomposant en:

- examen du plan masse et des courbes de niveau des plans au 1/2000 et 1/5000;
- étude du milieu afin de choisir les exutoires et de déterminer les contraintes afférentes;
- évaluation des atteintes au milieu naturel susceptibles d'être induites par l'aménagement.

Définition des objectifs de rendement du dispositif d'assainissement (en termes de débit et de qualité des rejets);

- tracé des principaux collecteurs et des émissaires extérieurs à l'aérodrome jusqu'aux cours d'eau ou aux exutoires existants et vérification de la capacité de ces derniers à évacuer les eaux pluviales en provenance de l'emprise de l'aérodrome.

2) Détermination sommaire du réseau de drainage comportant:

- choix et implantation des ouvrages de drainage et d'interception; tracé exact en plan des fils d'eau, fossés, canalisations, caniveaux;
- délimitation des différents bassins versants;
- calcul sommaire des sections des différents ouvrages de drainage: fils d'eau, fossés, canalisations, regards-avaloirs;

## Chapitre 4 **Chaussées & Assainissement Des Aérodrômes**

- estimation sommaire des bassins d'accumulation (fréquence 5 à 10 ans);
- positionnement des ouvrages de dépollution.
- incidence des contraintes du projet assainissement sur le projet infrastructures.

### 3) Calcul définitif du drainage:

- modification éventuelle du nivellement;
- établissement du profil en long des ouvrages de drainage;
- calcul exact des débits d'apport et des sections;
- tracé du nivellement définitif (profils en long et profils en travers); calcul exact des débits d'apport et vérification des sections d'ouvrages en fonction des vitesses probables dans les fossés et canalisations et des accumulations d'eau prévues;
- vérification pour la pluie décennale et éventuelle modélisation.

Chapitre 5

**BALISAGE ET SIGNALISATION  
DES AERODROMES**

## 1. Introduction

La construction d'un aéroport s'accompagne toujours de la mise en place d'un dispositif destiné à faciliter son utilisation par les aéronefs, en fournissant aux pilotes des repères visuels standardisés qui compléteront le guidage radio électrique utilisé pour l'approche. Ce dispositif est constitué principalement par des signes et des feux conventionnels à caractère universel.

L'aéroport doit donc être doté par un système composé de balisage et de signalisation. Le balisage proprement dit est constitué par un ensemble de repères visuels artificiels fixes servant à guider les aéronefs dans leurs manœuvres. La signalisation est un ensemble de signaux utilisés pour procurer aux aéronefs des consignes claires, destinées à aider le contrôle de la circulation aérienne. L'ensemble du balisage et de la signalisation est souvent groupé sous le terme balisage.

On distingue :

- Le balisage et la signalisation de jour
- Le balisage et la signalisation de nuit ou par mauvaise visibilité

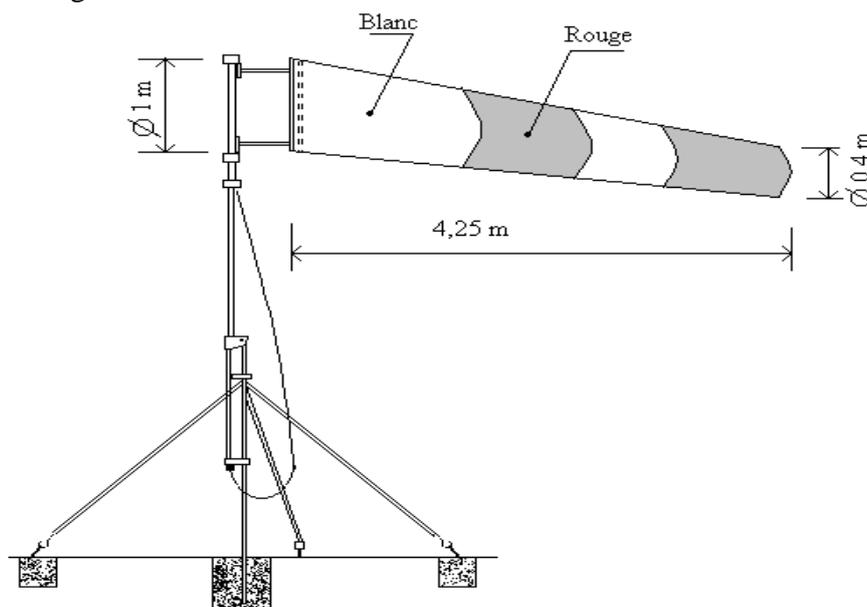
## 2. Balisage et Signalisation de Jour

### 2.1. Identification de l'aéroport

On peut faciliter l'identification de l'aéroport en inscrivant son nom en lettre de 3 m de haut en principe blanche. Cette inscription doit être placée dans un endroit choisi par les autorités exploitantes de l'aéroport, généralement sur un endroit visible dans toutes les directions au-dessus de l'horizon.

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

Il est recommandé de doter l'aéroport d'au moins d'un indicateur de vent, son rôle est de donner une indication générale visuelle sur la direction et la vitesse du vent à la surface de l'aéroport. Ce dernier se présente sous forme d'un tronc de cône en tissu, d'une longueur au moins égale à 3.6 m et de diamètre égale à 0.9 m, monté sur une girouette. Cet indicateur doit être de couleur choisie de manière à le rendre nettement visible à une hauteur de 300 m au-dessus de l'aéroport, on utilise une combinaison de deux couleurs de préférence le blanc et le rouge. Voir Figure.1.



**Figure.1 : Manche à Vent**

**2.3. Indicateur de direction d'atterrissage**

Cet indicateur est constitué par un Té mobile, dont la barre verticale, indique le sens d'atterrissage que le pilote doit respecter. Les caractéristiques de ce Té doivent être conformes aux instructions prescrites par les recommandations de l'OACI. Cet indicateur plus, d'autres panneaux de signalisation à caractère aéronautique (Annexe 2 à la convention de Chicago) sont souvent groupés dans une surface carrée, plane et horizontale d'au moins 9 m de côté.

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

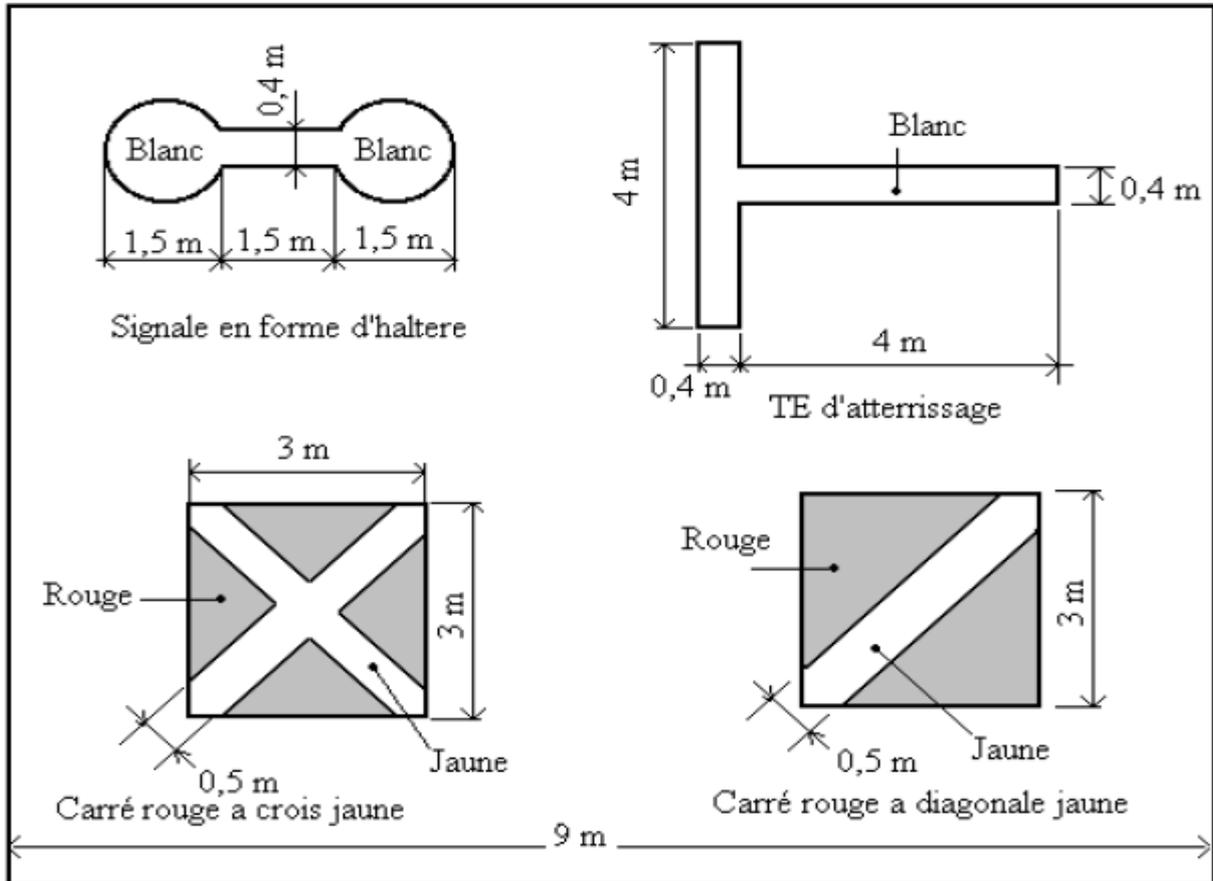


Figure.2 : Aire à panneaux de signalisation

**2.4. Marquage des pistes**

Les différentes marques d'une piste décrites ci-dessous, sont présentées dans les Figures.3-4.

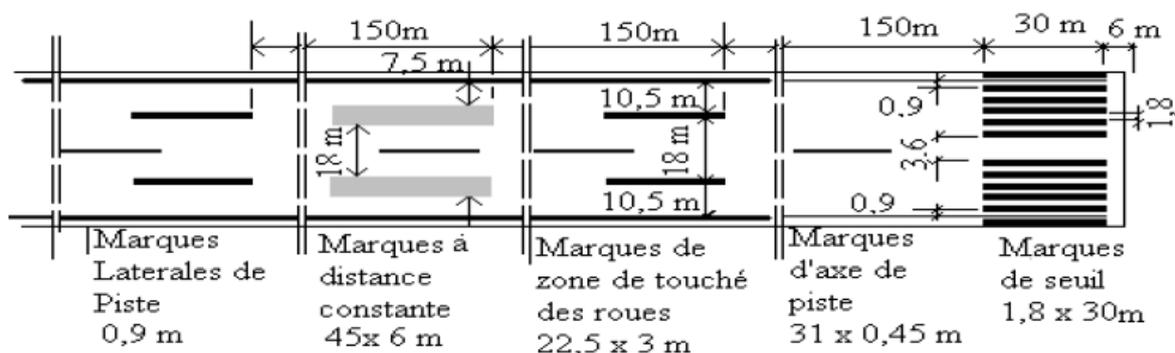


Figure.3 : Marquage des pistes (configuration de base)

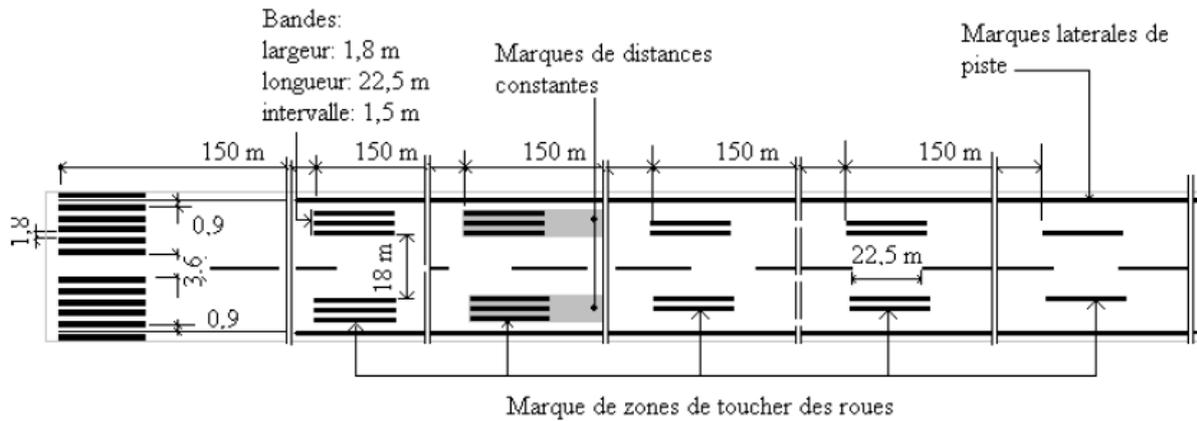


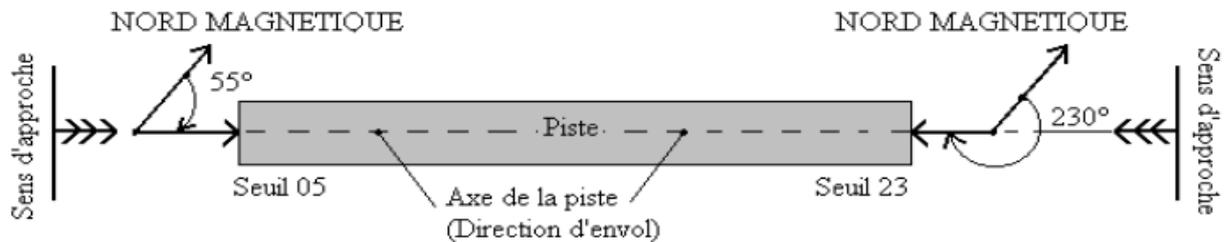
Figure.4 : Marquage de piste avec code de distance

#### 2.4.1. Marques d'identification des pistes QFU

Les marques d'identification de piste, dénommées QFU, seront composées d'un numéro 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 : 05/23



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, voir Figure 10.5.

Exemple :

Piste 1 : 01/19



Dans le cas des pistes parallèles, on les différencie par une lettre complémentaire :

- 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 :



#### **2.4.2. Marque d'axe de piste**

Pour les pistes pourvues de revêtement il est recommandé qu'elles soient dotées de marquage de l'axe de piste :

- emplacement : ces marques seront disposées le long de l'axe de chaque piste, entre les marques d'identification.
- caractéristiques : ces marques seront constituées par une ligne de trait uniformément espacé
  - longueur : 30m
  - largeur : 0,45m
  - espacement : 20m
  - couleur : blanche

#### **2.4.3. Marque de seuils de pistes**

Les extrémités de chaque piste doivent être matérialisées par des marques dites de seuil à partir desquelles peut être limité l'étendu de la piste :

- emplacement : ces bandes commencent à 6 m de l'extrémité de la piste.
- caractéristiques : elles seront constituées par une série de bandes longitudinales de même dimension, disposés symétriquement par rapport à l'axe de la piste
  - longueur : 30 m
  - largeur : 1,8 m
  - espacement : 1,8m. (Les 2 bandes voisines de l'axe de piste seront espacées de 3,6 m).
  - couleur : blanche

#### **2.4.4. Marques à distance constante**

- emplacement : ceux-ci seront disposées aux deux extrémités de chaque piste (avec revêtement)
- caractéristiques : les marques à distance constantes doivent être constituées par 2 marques rectangulaires nettement visible ;
  - longueur : 45 m
  - largeur : 6 m
  - écartement : 18 m (entre les cotés intérieurs des marques)
  - couleur : blanche

#### **2.4.5. Marques de zone de touchée des roues**

Des marques de zone de touchée des roues seront disposées dans la zone où l'avion passe sur la piste, à moins que l'autorité compétente, compte tenu des conditions météorologiques et de la nature de la circulation aérienne, juge ces marques inutiles.

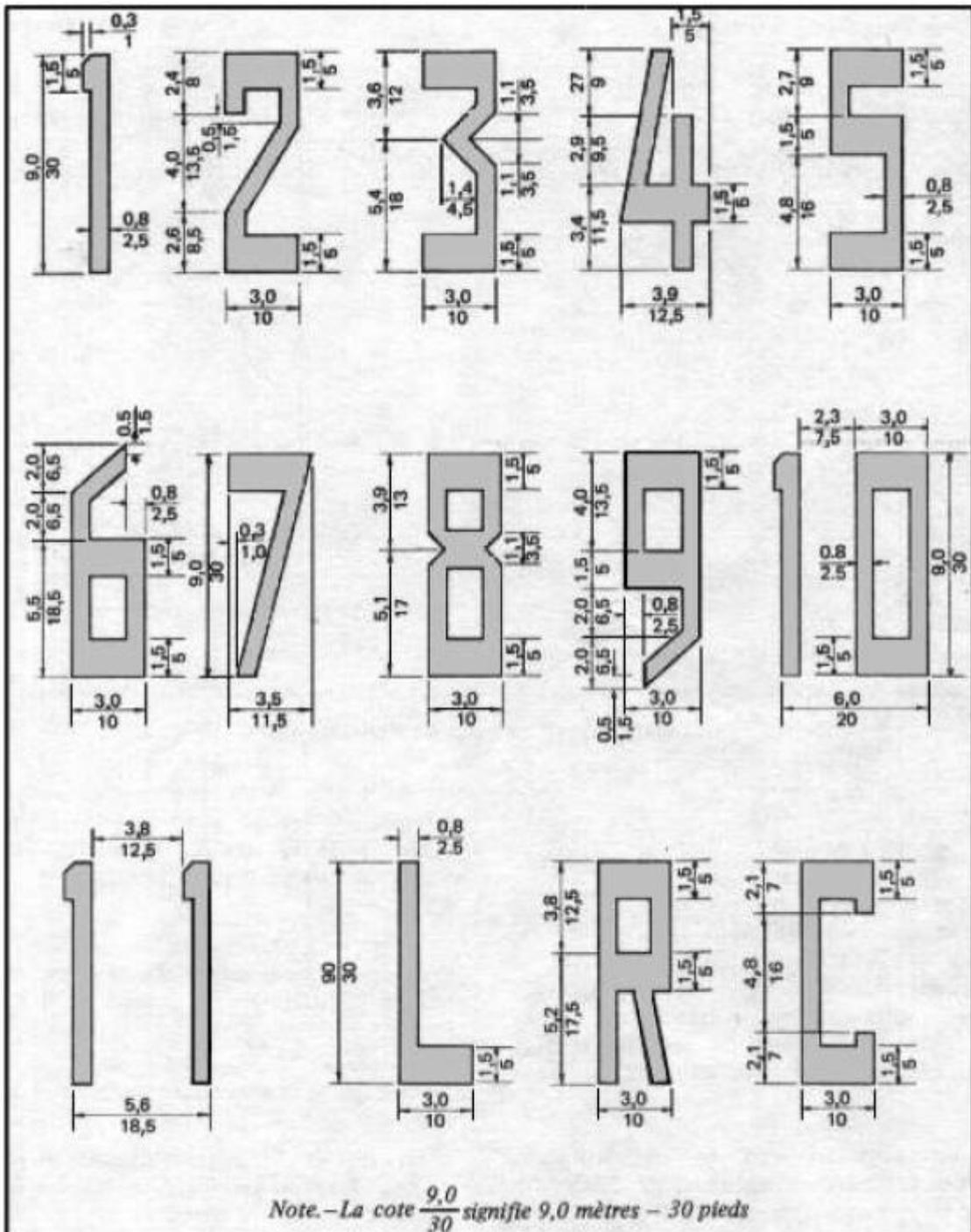
- emplacement : les marques de toucher des roues se présentent sous forme de paires de marque rectangulaire symétriquement disposées de part et d'autre de l'axe de la piste ;
- caractéristiques :
  - longueur : 22,5 m
  - largeur : 3 m
  - espacement longitudinal : 150 m
  - espacement latéral : 18 m

#### **2.4.6. Marques latérales de piste**

## Chapitre 5 Balisage et Signalisation Des Aérodrômes

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

- emplacement : il est recommandé que les marques de piste soient constituées par deux bandes disposées le long des deux bords de la piste, le bord extérieur de chaque bande doit coïncider approximativement avec le bord de la piste.
- caractéristiques :
  - longueur : le long de la piste
  - largeur : 0,9 m
  - couleur : blanche
  -



**Figure.5 :** Formes et dimensions des chiffres et lettres d'identification de piste.

## 2.5. Marquage des voies de circulation

### 2.5.1 Marque axiales

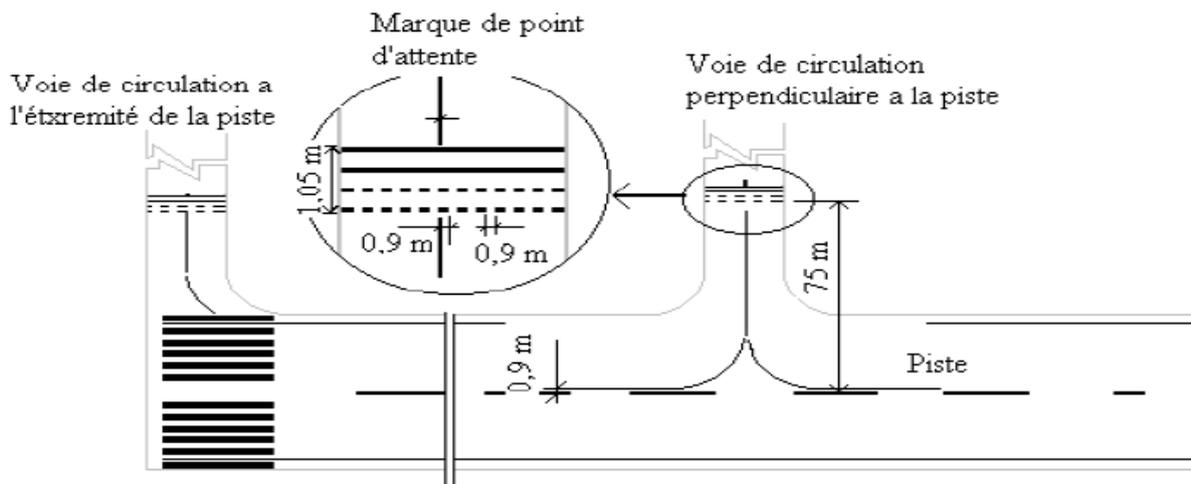
Afin d'assurer un guidage à partir de la piste jusqu'au point où commence les marques de stationnement de l'avion, l'axe de la voie de circulation doit être matérialisé par un trait continu.

- emplacement : 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.
- caractéristiques :
  - longueur : le long des voies de circulation
  - largeur : 0,15 m
  - couleur : jaune

### 2.5.2 Point d'attente

Une marque de point d'attente sera obligatoirement disposée à l'intersection d'une voie de circulation avec une piste.

- emplacement : sur la voie de circulation à une distance de 75m de l'axe de la piste ;
- caractéristiques : forme et dimension conformément aux prescriptions de l'annexe 14.



**Figure.6 : Marques des voies de circulation (point d'attente) –Piste**

## 2.6. Postes de stationnement

Les marques des postes de stationnement ou ligne de guidage, se sont révélées très utiles aux manœuvres des avions dans les aires de stationnement. L'objectif étant de mettre à la disposition du pilote un système de marquage au sol, clair et simple, lui permettant d'effectuer les manœuvres sans l'aide du personnel au sol. Il s'agit de définir un tracé qui peut être utilisé par tous les avions en service et par ceux dont l'exploitation débutera dans un avenir proche. En même temps il ne faut pas multiplier les indications sur un même poste de stationnement pour éviter les risques de confusion.

### 2.6.1. Élément du système de guidage

- Ligne d'entrée sur le poste : est une ligne droite raccordée par un cercle à la ligne de l'axe de la voie de circulation (la desserte). Les rayons de raccordement sont déterminés en fonction du gabarit des avions.
- Repère du début de virage : une flèche de début de virage est tracée à l'extrémité et à gauche de la ligne d'entrée sur le poste, elle indique la direction vers laquelle doit s'effectuer le virage

- Ligne d'orientation finale : c'est une ligne droite rejointe par le train avant en fin de virage, elle donne au pilote l'orientation du positionnement retenu sur le poste de stationnement.
- Repère d'arrêt : c'est un repère tracé sur la gauche de la ligne d'orientation finale, qui indique au pilote l'arrêt final après redressement du train.

### 2.6.2. Marque d'identification des postes

Pour l'identification de chaque poste de stationnement, un chiffre (normalisé) est placé à la hauteur du point de tangente de la ligne d'axe de la voie de desserte et du cercle de raccordement à la ligne droite d'entrée, du même côté que le poste de stationnement par rapport à l'axe de la voie de desserte.

Les repères d'identification de virage

Les repères d'identification de virage et les repères d'arrêt ont une longueur d'au moins 8 m et une largeur d'au moins 0,15 m.

La distance à aménager entre les repères et les lignes d'entrée et d'orientation finale varie en fonction du type d'aéronef, compte tenu du champ de vision du pilote quand l'avion est au sol.

Les lignes d'entrée et les lignes d'orientation finales sont en trait continu et ont une largeur de 0,15m.

Les lignes d'entrée, les lignes d'orientation finales, les repères, les marques d'identification des postes, les barres d'arrêt et les repères d'orientation de virage sont tous de couleur jaune.

## 3. BALISAGE ET SIGNALISATION DE NUIT

La notion de nuit en matière de conception et exploitation d'aérodrome étant réglementairement rattachée à celle de l'heure locale du coucher de soleil. Les aérodromes de classe A international, exigent son exploitation nocturne, donc la charge que représente son exploitation se trouve considérablement accrue. Il faut mettre en place toute une infrastructure permettant de reconstituer artificiellement toutes les références visuelles nécessaires aux différentes manœuvres d'approche, d'atterrissage, de circulation au sol et au décollage, sans le moindre risque de confusion. Cette infrastructure consiste à la mise en place d'un système d'éclairage électrique spécial (des feux), les caractéristiques de ce système lumineux sont strictement réglementées par l'OACI.

### 3.1. Feux indispensables à l'aérodrome

#### 3.1.1. Phare d'identification

- emploi : c'est un phare ayant pour rôle principal, la facilité d'identification de l'aérodrome en vol
- emplacement : sur le site de l'aérodrome
- caractéristiques : c'est un phare émettant un feu vert de haute intensité

Dispositifs lumineux haute intensité :

Les dispositifs lumineux à haute intensité sont dotés de moyens de réglage permettant d'adapter l'intensité lumineuse aux conditions du moment.

#### 3.1.2. Feux de piste

Quelques feux décrits ci-dessous sont présentés dans le Figure 10.7 (à titre illustratif), le lecteur trouvera beaucoup plus de détails sur la disposition et types de feux au niveau de l'annexe 14.

On distingue généralement :

- Feux ou dispositifs d'approche (facultatifs)
- rôle :
  - emplacement : sur une distance de 300m de part et d'autres des extrémités de chaque piste
  - 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.
  - exigences : 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

- emploi : des feux de seuil de piste seront disposés sur une piste dotée de feux de bords
- emplacement : comme le seuil de piste coïncide avec l'extrémité de chaque piste, les feux de seuil seront disposés sur une rangée perpendiculaire à l'axe de la piste, aussi près que possible de l'extrémité (de préférence à l'extérieur de la piste à 3 m de ses extrémités).
- caractéristique : les feux de seuil sont des feux fixes de couleur verte, unidirectionnels orientés vers la direction d'approche.

- Feux d'extrémité de piste

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

- Feux de bords de piste

- emploi : ces feux matérialisent les bords latéraux de chaque 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 : constitués par des feux fixes blancs visibles dans tous les azimuts.

- Feux d'axe de piste

- emploi : pour la matérialisation nocturne de l'axe de la piste
- emplacement : disposés le long de l'axe de la piste, depuis le seuil jusqu'aux extrémités à intervalles uniformes de 15m
- caractéristiques : sont des feux fixes de couleur variable le long de la piste :
  - blanc : de l'extrémité jusqu'à 100m de l'aval
  - alterné rouge-blanc entre 900 et 300m de l'aval
  - rouge entre 300 et l'extrémité de piste.

- Feux de zones de touchée des roues

- emploi : matérialisation des zones de touchée des roues
- emplacement : commencent au seuil et s'étendent sur une longueur de 900 m, l'espacement longitudinal entre deux paires de barrette est de 300 m.
- caractéristiques : composés par une barrette comportant au moins 3 feux unidirectionnels de couleur blanche variable, l'intervalle entre ces feux est de 1,5 m maximum.

### 3.1.3. Feux des voies de circulation

- Feux axiaux des voies de circulation

- emploi : les feux axiaux de voie de circulation seront 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 ou les aéronefs entament les manœuvres finales de stationnement.
- caractéristiques : sont des feux fixes de couleur verte, visibles seulement par un avion se déplaçant sur les voies de circulation, la distance recommandée entre deux feux successifs est de 30 m au maximum.

- Feux de bords des voies de circulation

- emploi : il est recommandé que des feux de bords de voies de circulation soient installés pour la matérialisation bords des voies de circulation.
- emplacement : il est recommandé que dans les parties rectilignes d'une voie de circulation, des feux de bords soient installés à intervalle uniforme de 60 m, au niveau des virages, l'espacement entre les feux serait inférieur à 60 m de manière à ce que les limites du virage soit nettement visibles.
- caractéristiques : les feux de bord des voies de circulation 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.

- Les barres d'arrêt
  - emploi : une barre d'arrêt doit être installée au point d'attente de circulation
  - emplacement : placées en travers de la voie de circulation au point d'arrêt (ou d'attente d'autorisation d'accès à la piste). Ces feux sont disposés au moins à 3 m du bord de la voie.
  - caractéristiques : les barres d'arrêt doivent être 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.

### 3.1.4. Feux des aires de stationnement

- emploi : il est recommandé que les aires de stationnement appelées à être utiliser la nuit soient dotées par des projecteurs
- emplacement : ces projecteurs doivent être disposés de manière à rendre les postes de stationnement visibles, et orientés (au moins en deux directions) de façon à réduire le plus possible les ombres.
- caractéristiques : projecteur à éclairage horizontal d'une luminosité de 20 lux.

### 3.2. Recommandations générales

- Feux en saillie: les feux de piste, des voies de circulation et des aires de stationnement doivent être conçus et montés de manière à avoir une monture légère et frangible. Leurs hauteurs doivent être assez faibles et avoir une fixation suffisante pour résister aux souffles des hélices et des réacteurs.
- Feux encastrés : les feux encastrés à la surface des pistes et des voies de circulation doivent être conçus et montés de manière à supporter le passage des roues d'un avion sans s'endommager.

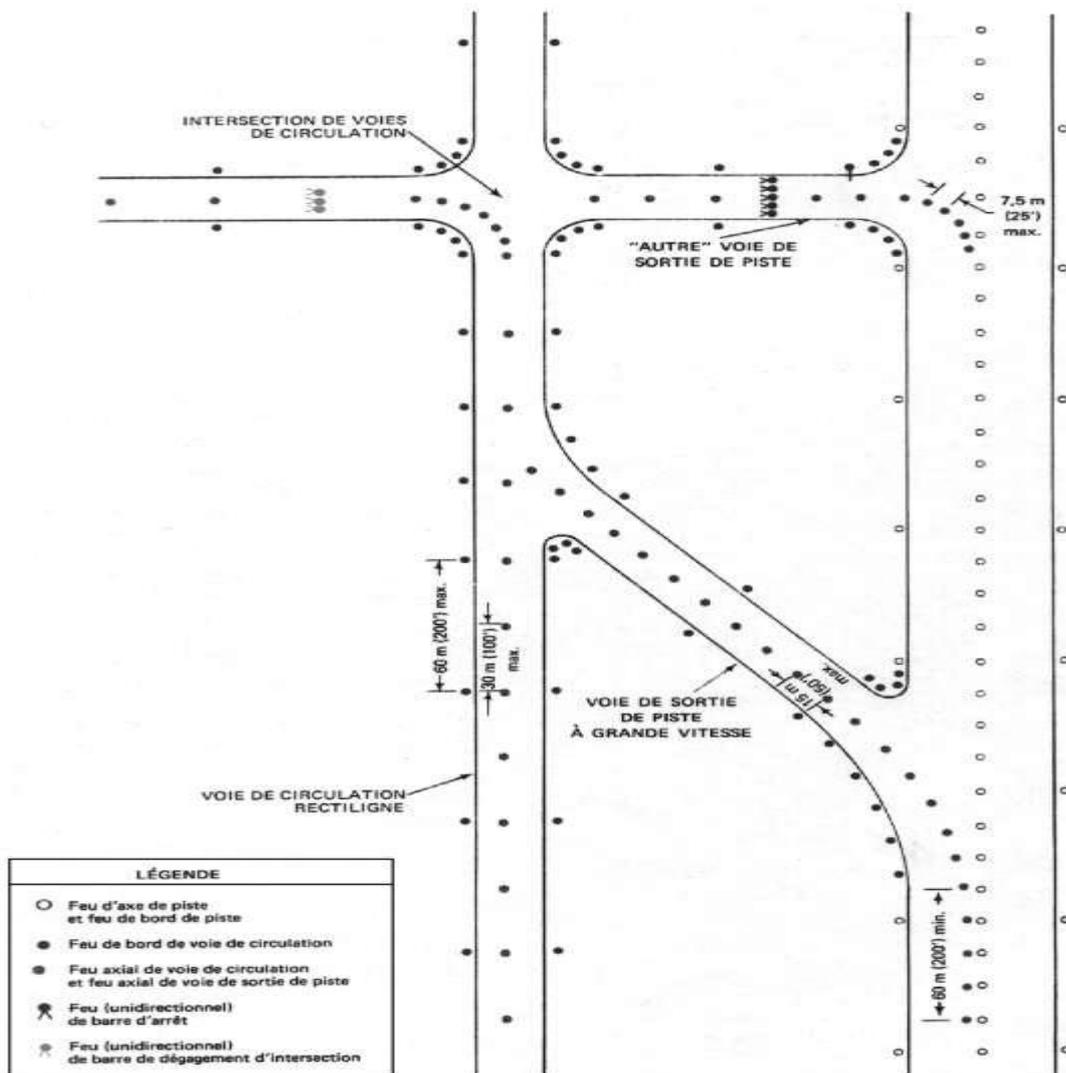


Figure .7 : Feux de piste et voies de circulation

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références Bibliographiques

- 1- Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodromes et la détermination des charges admissibles, S.T.B.A, volume 3, 1983.
- 2- Normes et pratiques recommandées internationales aérodromes, annexe 14 à la convention relative à l'aviation civile internationale O.A.C.I, 8<sup>ème</sup> édition, mars 1983.
- 3- Manuel de conception des aérodromes, 3<sup>ème</sup> partie, chaussées O.A.C.I, 2<sup>ème</sup> édition, mars 1983.
- 4- **R.Peltier** , Manuel du laboratoire routier , collection du laboratoire centrale des ponts et chaussées, éditions Dunod, 1965.
- 5- Recommandations pour la reconnaissance géologique et géotechnique des tracés d'autoroutes, laboratoire centrale des ponts et chaussées, éditions février 1967.
- 6- **R.Peltier** , Evaluation de la portance des sols de fondation des chaussées souples, revue générale des routes et aérodromes, N°278, mars 1955.
- 7- **Hadi Saadat**, Power system analysis, Edition 2, 2004.
- 8- **G. Meunier**. Conception, construction et gestion des aérodromes. Eyrolles, 1969.
- 9- **A. Rouili**. Etude et conception des aérodromes civils conformément aux recommandations de l'annexe 14 à la convention de Chicago. Dar Raihana 2002, Alger.
- 10- **Monthly Worldwide** Airport traffic Report. Airports Council International, Statistics Department. June 2000.
- 11- Normes et Pratiques Recommandées Internationales. Aérodromes. Annexes 14 à la Convention de Chicago Relative à L'Aviation Civile Internationale. Volume 1, Conception et exploitation technique des aérodromes. Deuxième édition – juillet 1995. Publication de l'Organisation de l'Aviation Civil Internationale. 1995.
- 12- Manuel de Conception des Aérodromes. 1<sup>er</sup> Partie: Pistes (Doc. 9157-AN/901). Deuxième édition 1984, Publication de l'Organisation de l'Aviation Civil Internationale, 1984, 3<sup>ème</sup> édition, 2006.
- 13- Instruction technique sur les Aérodromes Civils (ITAC), Fascicules 1-9. Publication du Service Technique des Bases Aérienne (STBA), France, 1983.
- 14- Dimensionnement des Chaussées. Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodromes et la détermination des charges admissibles. Volumes 1, 2 et 3. Service Technique des Bases Aériennes (STBA), France, 1983.
- 15- Techniques de l'Ingénieur **C 4 121**, 2014.