



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique Maurice Audin d'Oran
Département de Génie Civil

POLYCOPIE

Présenté par

M. AYED Kada



Cours d'Aéroport et Infrastructures aériennes

Année 2020/2021

Sommaire

1. Introduction	4
2. Constitution d'un aéroport.....	4
2.1. Plateforme	4
2.2. Les installations :.....	4
2.3. Dispositifs en terre :.....	5
2.3.1. Aéroport civil :.....	5
2.3.2. Aéroport militaire :.....	5
2.3.3. Aéroport technique :.....	5
2.4. Quelques termes techniques :	5
2.7. Direction d'envole.....	8
2.8. Coefficient d'utilisation d'une piste.....	8
2.8.1. Valeurs du coefficient d'observation max en fonction des classes des pistes	9
3. Le vent traversier :	9
3.1. Exemple de tableau des intensités des 16 directions des vents en fonction.	10
3.2. Exemple de calcul :	12
4. Longueur de piste	13
4.1. Pistes principales.....	13
4.2. Pistes secondaires	13
4.3. Durée de vie d'une piste.....	13
4.4. Qualité de service.....	13
4.5. Correction de la longueur des pistes :	14
4.5.1. Les conditions standards normales :.....	15
4.5.2. Exercice d'application :	15
5. Largeur de piste :	16
6. Profil en long d'une piste.....	16
6.1. Profil en long :	16
6.2. Rayon de courbure verticale en profil en long	17
6.3. Profil en travers	18
7. Les bandes :	19
8. Voie de circulation :.....	21
8.1. Sorties des pistes	23

Cours Aéroport t- Infrastructures aériennes

8.2. Aires d'attentes.....	23
8.2.1. Premier procédé	23
8.2.2. Deuxième procédé.....	23
8.2.3. Le procédé C	24
9. Les dispositifs particuliers des pistes principales.....	24
10. Les aires de stationnements.....	25
11. Les aires de manœuvres :.....	25
12. Dimensionnement d'une piste d'aérodrome.....	28
12.1. Constituants d'une chaussée rigide.....	28
12.1.1. Chaussées à dalles courtes non armées et non goujonnées dites « californiennes » :.....	29
12.1.2. Chaussées à dalles courtes non armées et goujonnées :.....	29
12.1.3. Chaussées en béton armé continu	29
12.2. Principe de calcul et dimensionnement de chaussées.....	30
12.2.1. Etape à suivre pour dimensionner une chaussée sont :	30
12.2.2. Détermination de la charge	30
12.2.3. Différente atterrisseur de différents avions.....	31
12.2.4. Principaux avions pour la compagnie Air-Algérie.....	33
12.3. Différents types de train d'atterrissage	34
12.3.1. Pondération de la charge selon l'aire considérée P'	37
12.4. Chaussées souples.....	38
12.5. Diffèrent cas de chaussées aéronautiques	39
13. Conclusion générale	42
14. Références.....	42

Avant-Propos

Un aéroport est l'ensemble des bâtiments et des installations d'un aérodrome qui servent au trafic aérien d'une ville ou d'une région. Ces bâtiments et installations sont conçus pour que des avions puissent décoller et atterrir, que le fret et les passagers puissent embarquer et débarquer.

Les aéroports sont généralement situés à proximité d'une agglomération importante, tout en étant desservis par des liaisons routières rapides (voie expresse, autoroute) et des transports en commun.

Le présent cours qui est destiné au ingénieur en construction civil et industriel de l' école nationale polytechnique d' Oran et qui donne à l' ingénieur concepteur des connaissances importantes dans le domaine des infrastructures aériennes en tenant compte des différentes normes nationales et internationales tel que OACI (Organisation international de l' aviation civil).

Ce document présente dans un premier temps une première partie sur les différentes terminologies de l' aviation en seconde partie, il traite la classification des différents aéroports selon l' OACI et la classification Algérienne. On troisième partie, il donne tous ce qui concerne l' étude géométrique l' aérodrome (piste, profil en long, profil en travers, les pentes, etc..). En fin, une quatrième partie sur le dimensionnement et calcul des pistes aériennes.

J' espère que ce document intéresse plus les ingénieurs en voies et ouvrages d' arts, ingénieur en travaux public.

Infrastructures aériennes

1. Introduction

Un aéroport est un ensemble d'infrastructures destinées au trafic aérien commercial de passagers ou de fret ainsi qu'à toutes les activités commerciales et administratives (vente de billets, douane, etc.).

L'aéroport est implanté sur un aérodrome dont il partage parfois les infrastructures avec d'autres utilisateurs militaires (base aérienne) ou civils (aviation générale). Toutefois les plus grands aéroports sont souvent à l'usage exclusif ou quasi-exclusif du transport aérien commercial et le terme « aéroport » désigne alors l'ensemble des installations.

- **Un héliport** est un aéroport ou une partie de l'aéroport destiné exclusivement au trafic des hélicoptères.
- **Un hydroaéroport** est bâti près d'un plan d'eau et destiné aux hydravions.
- **Un aéroport** est un aéroport généralement situé au cœur d'une zone urbanisée et destiné aux avions à décollage court.

2. Constitution d'un aéroport

2.1. Plateforme :

La plateforme est constituée de :

- Les pistes,
- Les bretelles,
- Les aires de stationnements des avions.

2.2. Les installations :

Les installations sont l'ensemble des bâtiments réservés aux publics, tels que les salles d'embarquements, salles de département, guichets de billetteries, salles d'attentes, restaurants. Elles sont en fonction de la classification des aéroports. Elles se situent sur l'assiette de l'aéroport.

Le bâtiment principal de l'aéroport est l'aérogare. Pour le passager aérien, l'aérogare est l'interface entre les transports terrestres et les avions ; c'est le lieu où il accomplit les formalités d'enregistrement auprès de la compagnie aérienne ainsi que les éventuelles formalités de police ou de douane (PAF). Les plus grands aéroports utilisent plusieurs aérogares qui donnent, elles-mêmes, accès à plusieurs jetées (aires de stationnement des avions pour l'embarquement ou débarquement) voire à des bâtiments totalement séparés où sont stationnés les avions. ils se situent sur l'assiette de l'aéroport

2.3. Dispositifs en terre :

Les dispositifs en terre c'est l'ensemble des différents systèmes de contrôle, d'information, de guidages de signalisations.

Types d'aéroport :

Il existe trois types d'aéroports

- Aéroport civil,
- Aéroport militaire,
- Aéroport technique

2.3.1. Aéroport civil :

Il est destiné aux transports des voyageurs, tourisme et aux entraînements des pilotes.

2.3.2. Aéroport militaire :

Ce type d'aéroport est utilisé en cas de guerre pour différentes manœuvres ou bien pour les entraînements ou démonstrations militaires.

2.3.3. Aéroport technique :

C'est un aéroport utilisé pour les essais sur les avions neufs ou des avions réparés.

Ce type d'aéroport se trouve à proximité de l'usine des de fabrication ou de réparation.

Exemple : aéroport de Blagnac Toulouse France.

Remarque : *il y a des aéroports qui font les trois fonctions simultanées.*

2.4. Quelques termes techniques :

Aéroport = aérodrome+aérogare

Aérodrome : c'est l'ensemble des infrastructures utilisés par des aéronefs pour décollage ou et atterrissages ou stationnement.

Aérogare : Ensemble de bâtiments situés sur un aéroport et utilisés pour recevoir le public et les passagers avant leur embarquement ou débarquement d'un avion.

Terminal d'aéroport est une partie d'une aérogare d'un aéroport permettant le transfert des passagers entre leur moyen de transport terrestre vers les équipements permettant d'embarquer ou débarquer des avions.

Aéronefs : avions.

2.5. Classifications des aéroports selon OACI

(Organisation International de l'Aviation Civil)

Piste :

Classe a : piste dont la longueur est de 2500m et plus.

Classe b : pistes dont la longueur est entre 2150-2500 m.

Classe c : pistes dont la longueur est entre 1800-2150 m

Classe d : pistes dont la longueur est entre 1500-1800 m

Classe e : pistes dont la longueur est entre 1280-1500 m

Classe f : pistes dont la longueur est entre 1080-1280 m

Classe g : pistes dont la longueur est entre 900-1080 m

2.6. Aéroport :

Classe A : au moins une piste de classe a

Classe B : au moins une piste de classe b

Classe C : au moins une piste de classe c

Classe D : au moins une piste de classe f, g.

Remarque :

La classification Algérienne est fonctionnelle, elle repose sur la nature de liaison que doivent assurer les aéronefs qui le fréquente.

Les aérodromes ouverts à l'aviation publics sont repartis en quatre classes :

Classe A : Aérodromes internationaux destinés aux différents services aériens régulier et utilisable en toutes circonstances.

Exp : Aeroport Es Senia (Ahmed Benbella)

Classe B : Aérodromes internationaux non régulier destinés à toutes circonstances.

Classe C : Aérodromes destinés aux services aériens à l'intérieur d'Algérie.

Exp : aéroport de Bechar,

Classe D : service aérien privé

Cours Aéroport t- Infrastructures aériennes

Exp : Aérodrome d'agricole.

Cette classification est basée sur :

- La nature du travail a assuré.
- L'infrastructure (caractéristique de la piste).
- Equipement en aide à la navigation aérien et service au sol.

Remarque : Servitude prévus dans l'intérêt de la sécurité aérienne que la classe peut être modifié lorsque les améliorations techniques à porter à l'aéroport justifier ce changement.

Tableau 1. Longueurs des pistes à prévoir selon les différentes catégories de l'aérodrome.

Caractéristiques	Cat A	Cat B	Cat C⁽³⁾	Cat D⁽⁴⁾
Longueur des pistes (1) et (2)	/	/	/	/
Minimum actuel(m)	2100	1500	900	450
Minimum à réserver(m)	2500	1800	1000	700
Optimum	3000	2100	1500	900

(1) Les classes à corriger en fonction de l'altitude de la température et de la pente.

(2) Les pistes secondaires peuvent être de mêmes catégories et peuvent avoir une longueur inférieure de 10 à 20% de la longueur de la piste principale.

(3) Aéroport de catégorie C : les aménagements de pistes sont facultatifs.

Exp : Aéroport de Timimoune avant 1975, les pistes n'été pas revêtues, juste traité en couches de base bien compactées.

(4) Les aéroports de la catégorie D sont équipés d'une simple bande qui peut dans certain cas comportée une piste légère.

Explication du tableau :

(2) : c'est la longueur que doit nécessairement dépasser la piste pour qu'un aéroport puisse être classé dans la catégorie.

(3) : c'est la longueur minimale à la quelle la piste doit pouvoir être portée pour satisfaire au besoin de la catégorie où l'aéroport peut être classé.

(4) : c'est la longueur à la quelle, la piste devrait être portée pour que l'aérodrome satisfait toutes les conditions de sa catégorie.

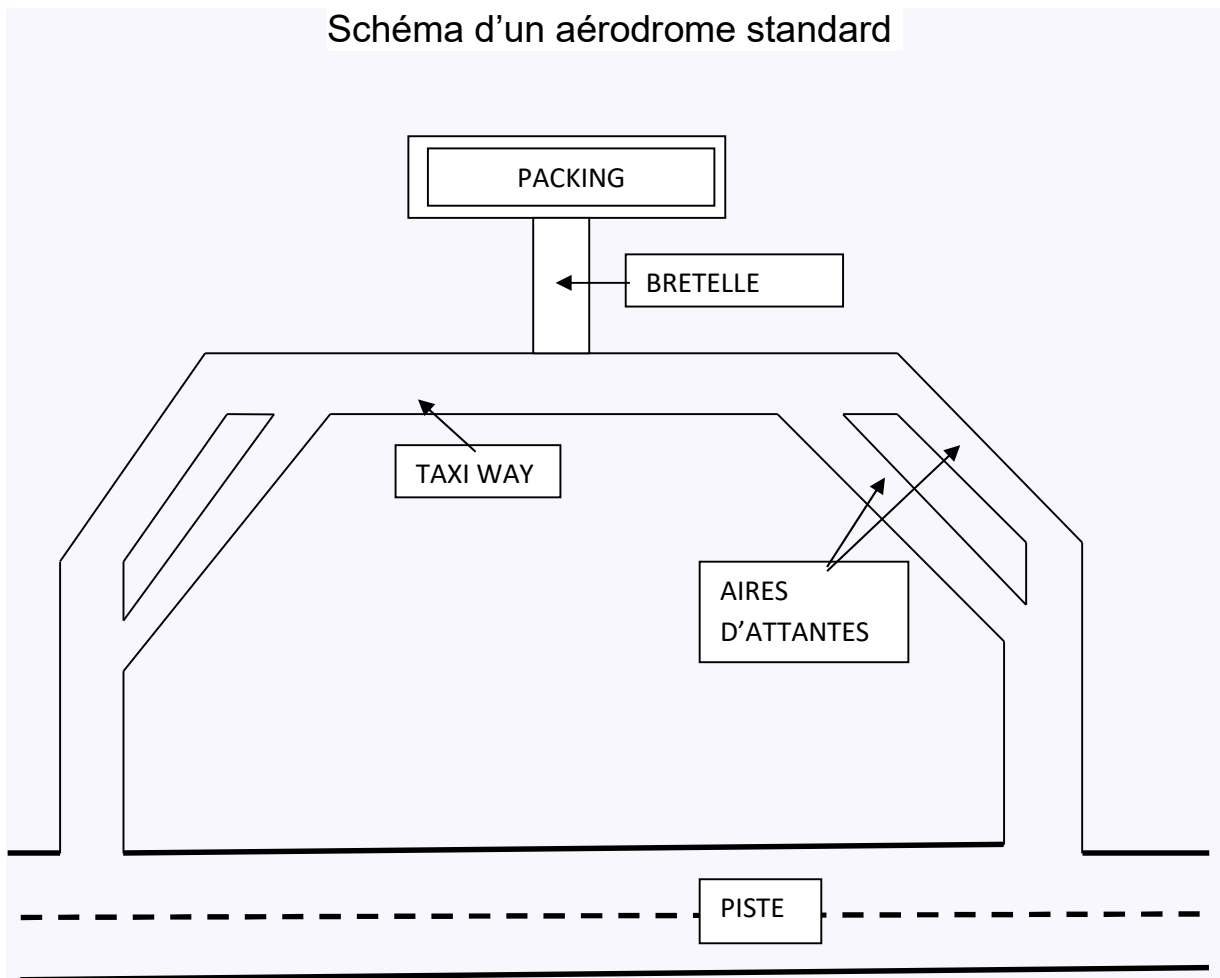


Figure 1. Model d'aéroport et ces composantes.

2.7. Direction d'envole

Idéal est de connaître un site de point de vue météorologique et d'avoir des observations de direction de vent au moins de 5 à 10 ans.

2.8. Coefficient d'utilisation d'une piste

Le coefficient d'utilisation d'une piste est égal au pourcentage des cas où l'observation du vent sont favorable.

$$C = 100 \frac{N_1}{N}(1)$$

N₁ : nombre d'observation favorable, il change en fonction du vent, il est choisi sur une période de 10ans.

N : nombre des observations totales favorable et non favorables. C'est un nombre constant

2.8.1. Valeurs du coefficient d'observation max en fonction des classes des pistes

Les minimums des coefficients d'utilisation que doivent être observés selon les classes sont :

La classe a le coefficient d'utilisation de piste doit avoir au minimum : $C \geq 95\%$

La classe b le coefficient d'utilisation de piste doit avoir au minimum : $C \geq 95\%$

La classe c le coefficient d'utilisation de piste doit avoir au minimum : $C \geq 80\%$

La classe D le coefficient d'utilisation de piste doit avoir au minimum : $C \geq 70\%$

Remarque : selon les classes de la piste C doit être supérieur ou égale à ces valeurs ci-dessus. Cela est dit que la direction d'envole est bien choisie.

3. Le vent traversier :

La direction où C est grand C_{max} , on dit que cette piste est la meilleure et cela implique de cette direction est la direction de la piste principale. La direction où C est petit cela implique que cette direction est la direction d'une piste secondaire. Donc dans un aéroport, ils existent plusieurs pistes, pistes principales et piste secondaires.

Quand $C = 100\%$ cela veut dire qu'on peut décoller et atterrir dans l'importe quelle condition.

Règle : pour les manœuvres d'atterrissage et de décollage, un avion doit atterrir et décoller toujours face au vent.

Cette règle qui permet de calculer le coefficient utilisation on se basant sur le principe du vent traversier.

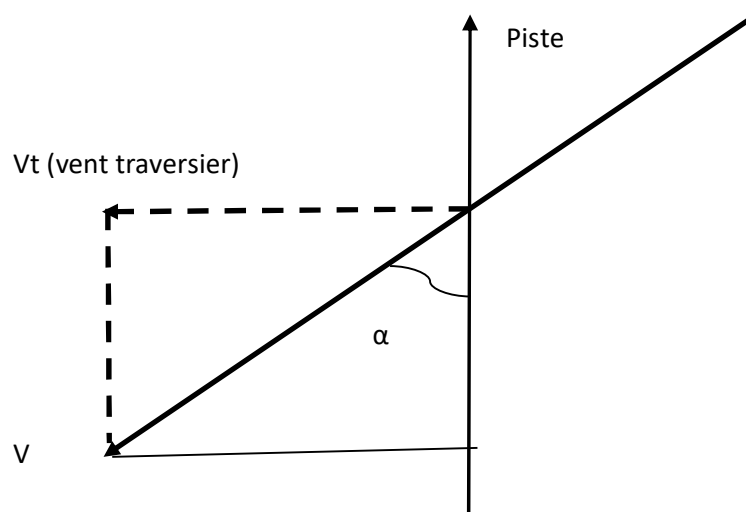


Figure 2. Vent traversier

Cours Aéroport t- Infrastructures aériennes

Vt : est la composante du vent suivant la perpendiculaire à la trajectoire de l'avion pour que l'atterrissage et le décollage se passent sans danger.

Il faut que le vent traversier ne dépasse pas les valeurs critiques suivantes pour chaque classe.

ClasseA : $V_t \leq 13 \text{ m/s}$ (26 nœuds)

ClasseB : $V_t \leq 10 \text{ m/s}$ (20 nœuds)

ClasseC : $V_t \leq 7 \text{ m/s}$ (14 nœuds)

ClasseD : $V_t \leq 5 \text{ m/s}$ (10 nœuds)

Conclusions :

Lorsqu'on étudie la possibilité d'implanter un aéroport de catégorie donnée, la première chose qu'il faut déterminer est la direction d'envol (orientation de la piste) qui dépend des valeurs du coefficient d'utilisation C max.

3.1. Exemple de tableau des intensités des 16 directions des vents en fonction.

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

Tableau 2. Valeurs du vent de la station météorologique de Charles

Direction des vents

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

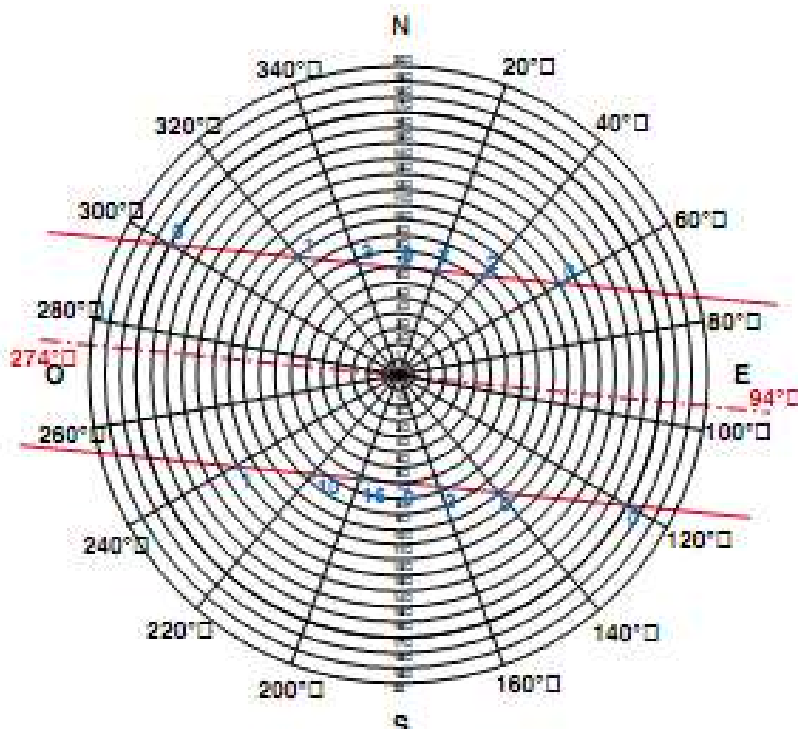


Figure 3. Graphe polaire des directions des vents.

Le choix de la direction d'envole peut être arrêtée une fois les calculs aboutissent. Il faut que le coefficient d'utilisation soit supérieur ou égal à la valeur normative relative à la classe de la piste.

Le principe de calcul consiste en premier lieu à choisir une première direction quelconque. Par exemple, on trace les deux tangentes $\Delta\Delta$ tangentes aux cercles des vitesses considérées à par exemple 7m/s, laquelle on calcule le coefficient d'utilisation, c'est-à-dire, on compte tous les nombres d'observations à l'intérieur de ces deux droites (N_1), puis on compte tous les nombres d'observation totales qui se trouve à l'intérieur et à l'extérieur de ces droites (N). Puis, on calcule le rapport en pourcent. Puis, on le compare aux valeurs limites. Si le rapport entre les deux donné un coefficient qui est supérieur au coefficient donner par les valeurs limites, on arrête les calculs et on choisit cette direction comme direction de la piste si non, on refait ces calculs, en choisissant une autre direction ($\Delta 1 \Delta 1$) si non on choisit la troisième direction et on fait la même chose avec la direction ($\Delta 3 \Delta 3$), jusqu'à que le calcul aboutisse.

3.2. Exemple de calcul :

Nombre d'observation favorable : $N_1 = 40, 1, 45, 52, 100, 18, 30, 24, 800, 101, 1000, 70, 26, 13, 300, 60, 800, 52, 16, 40$

Nombre d'observation défavorable $N = N_1, 26, 32, 200, 3000, 200, 40, 52$

$$C = \frac{\sum N_1}{\sum N} \times 100 = 50\%$$

Remarque : la direction choisie ne reprend pas aux normes exigées qui demande $C \geq 80\%$. Donc il faut changer une autre direction et refaire les calculs.

Exercice 2 : calculer le C par rapport à la direction 120-300 ?

4. Longueur de piste

4.1. Pistes principales

Les pistes principales sont en principe les plus longues de l'aéroport. Ce sont ceux qui correspondent aux meilleurs dégagements et à la direction ayant le meilleur coefficient d'utilisation. Donc c'est par rapport à ceux que les installations seront implantées pour réduire les distances parcourues par les avions au sol.

4.2. Pistes secondaires

Elles sont utilisées lorsque la direction du vent ne permet pas l'utilisation de la piste principale, ou dans les circonstances particulières rendant la piste non visible comme par exemple le brouillard.

Ces pistes sont plus courtes que les pistes principales de 10 à 20%.

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

4.3. Durée de vie d'une piste

La durée de vie d'une piste c'est la période durant laquelle l'ouvrage ne subit aucune amélioration ou rénovation allant de sa durée de vie.

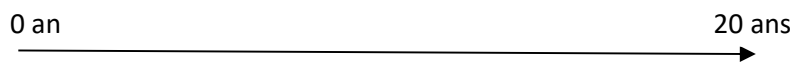


Figure 4. Durée de vie d'une piste.

On parle de la politique d'entretien d'une piste qui sera gérée en fonction du budget alloué.

4.4. Qualité de service

Il est basé sur le confort et la sécurité comme indique la figure 5.

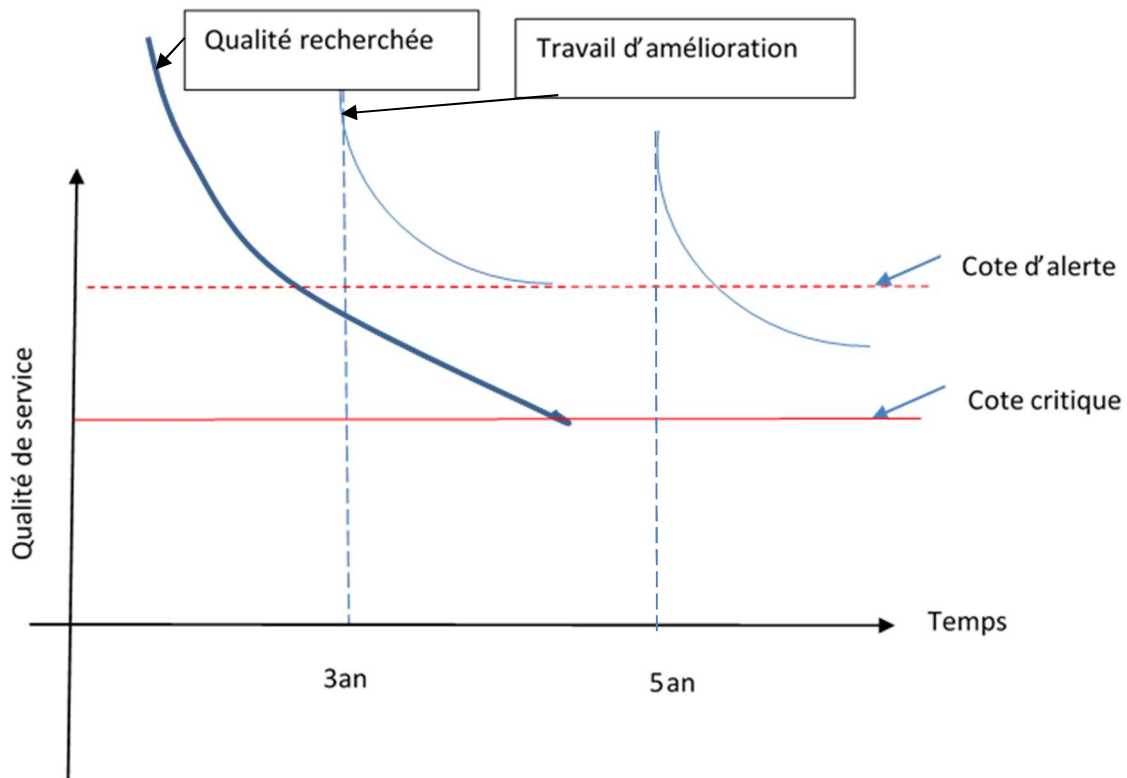


Figure 5. Qualité service d'une piste

Cette courbe indique la qualité recherchée en fonction de la durée de vie d'une piste.

Elle sera à chaque fois remonter par une nouvelle amélioration ou consolidation.

Le plan de masse d'un aéroport est défini par la longueur de la piste en se référant à la catégorie de ce dernier (longueur de piste).

Cette longueur de base déjà citée dans le tableau 1, ci-dessus, peut être corrigée selon plusieurs paramètres comme on va le voir ci-après.

4.5. Correction de la longueur des pistes :

Les longueurs de base des pistes indiquées dans le tableau 1 doivent être corrigées selon les différentes situations.

$$L = l_0 \left(1 + \frac{N_1}{100}\right) \left(1 + \frac{N_2}{100}\right) \left(1 + \frac{N_3}{100}\right) \quad (2)$$

N_1, N_2, N_3 : ce sont les coefficients correcteurs.

Les longueurs de base déjà indiquées dans le tableau 1 précédemment correspondent aux longueurs nécessaires aux conditions standards.

4.5.1. Les conditions standards normales :

La pression atmosphérique est égale à $P=1013.2$ millibars.

La température $T= 15^\circ$ centigrade.

Et pour les pistes dont le profil est horizontal et les pentes sont presque nulles ($P=0$).

Les performances de l'atterrissage et de décollage d'un avion sont en fonction de la pression atmosphérique qui elle-même est en fonction de l'altitude, de la température et de l'accélération possible qui est aussi en fonction de la pente de la piste.

Les longueurs déterminées par la formule 2 doivent subir une triple correction et en adoptant (N_1, N_2, N_3) comme suit :

$$N1 : \text{correction d'altitude} \quad N1 = \frac{7h}{300} \quad (3)$$

H : étant l'altitude moyenne au-dessus du niveau de la mesure exprimée en mètre.

$$N2 : \text{correction de la température moyenne} \quad N2 = T - t \quad (4)$$

T : étant la température moyenne diurne (journalière) plus au moins nocturne du mois le plus chaud de l'année.

t: la température à l'atmosphère standard à l'altitude de l'aéronef (température de l'atmosphère standard c. à d. Atmosphère type est de 15° Cg au niveau de la mer et elle diminue de $0,0065^\circ$ Cg par mètre d'altitude jusqu'à 11000 m pour rester ensuite constante est égale à au moins $-56,5^\circ$ Cg au-dessus de cette altitude

$$T = T1 \frac{T2-T1}{3} \quad (5)$$

Les statistiques météorologiques ne fournissent pas directement la température T moyenne diurne, donc en utilisant la formule 5 pour calculer des valeurs approchées.

T1 : température moyenne quotidienne calculée sur 24h du jour et le mois le plus chaud de l'année.

T2 : moyennes des températures maxima diurnes du moins le plus chaud de l'année.

N3 : correction de la pente (p) si la pente est inférieure à

- $p \leq 1\%$ on a $N3= 3,5 p$ (6)
- $p > 1\%$ on a $N3= 5 p - 1,5$ (7)

Toutefois il ne faut pas dépasser $N3= 10p$

4.5.2. Exercice d'application :

Déterminer la longueur nécessaire pour un avion critique demandant une longueur de base égale à 2500 m avec un site aéronautique situé à une altitude de 850m, la température moyenne diurne du mois le plus chaud de l'année est de 29° Cg. La pente moyenne est évaluée à 2cm/m.

Solution :

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

$$N_1 = \frac{7h}{300} = \frac{7 \times 850}{300} = 19,83$$

$$N_2 = T - t = 29(15 - 850 \times 0,0065) = 19,529$$

$$p > 1\% \text{ donc, on a } N_3 = 5p - 1,5 = 5 \times 2 - 1,5 = 8,5$$

$$L = 2500 \left(1 + \frac{19,85}{100}\right) \left(1 + \frac{19,529}{100}\right) \left(1 + \frac{8,5}{100}\right) = 3885m$$

Remarque: si les paramètres standards existent, juste 2500m suffit par contre si les paramètres standards ne le permettent pas alors, la piste doit avoir une longueur prolongée jusqu'à 388m

5. Largeur de piste :

La largeur d'une piste varie selon la classe d'aérodrome. Elle est en fonction de la largeur des deux trains d'atterrissage arrière des avions. Pratiquement la plus part des piste A et B ont 45m de largeur, c'est une largeur standard actuelle mais il faut toujours prévoir le futur. Pour des avions lords, on doit prévoir des largeurs plus importantes allant jusqu'à 60m et d'ailleurs c'est la largeur préconisée pour un atterrissage en mauvaise visibilité (AMV).

Pour des aérodromes de catégories inférieures, cette largeur peut être de 45m si les conditions de AMV l'exigent. Par contre, les largeurs standards sont de l'ordre de 30m pour les aérodromes de classe C et pour la classe D dotée d'une piste, la largeur peut aller jusqu'à 20m.

6. Profil en long d'une piste

6.1. Profil en long :

Il doit être aussi plat que possible, la pente moyenne entre les deux extrémités et la pente en chaque point ne doivent pas et en aucun cas dépasser les chiffres limites présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.

Tableau 3. Valeurs limites des pentes selon OAIC

classes	P moyennes (%)	P en chaque point(%)
A	1	1,25
B	1	1,5
C	1,5	2

La pente moyenne assure le confort des passagers et la sécurité voulue. Et la pente en chaque point (dos d'âne) endommage l'avion.

L'ensemble du profil en long d'une piste doit être conçu pour assurer les raccordements est une visibilité longitudinale convenable de l'importe quel point sur la piste, aussi, Il est recommandé que tous les points de 3m de hauteur soient visibles de tout autre point sur une distance égale à la moitié de la longueur de la piste et ce d'après l'OAIC.

6.2. Rayon de courbure verticale en profil en long

Le rayon de courbure vertical (R_c) pour les pentes doit être particulièrement grand, soit les valeurs suivantes en fonction des classes sont présentées comme suite :

Pour un aérodrome de classe A le R_c doit être $>20\ 000m$

Pour un aérodrome de classe B le R_c doit être $>15\ 000m$

Pour un aérodrome de classe C le R_c doit être $>10\ 000m$

Pour un aérodrome de classe D le R_c doit être $>3\ 000m$

L'OAIC recommande d'adapter des rayons plus grands à savoir pour les classes A et B les rayons de courbure de $> 30\ 000m$.

Il convient de suivre cette réglementation chaque fois que sa sera possible.

La distance entre deux points de changement de pentes doit au moins être égale aux produit de $7500m$ par le somme des deux pentes en valeurs absolues

Des deux pentes.

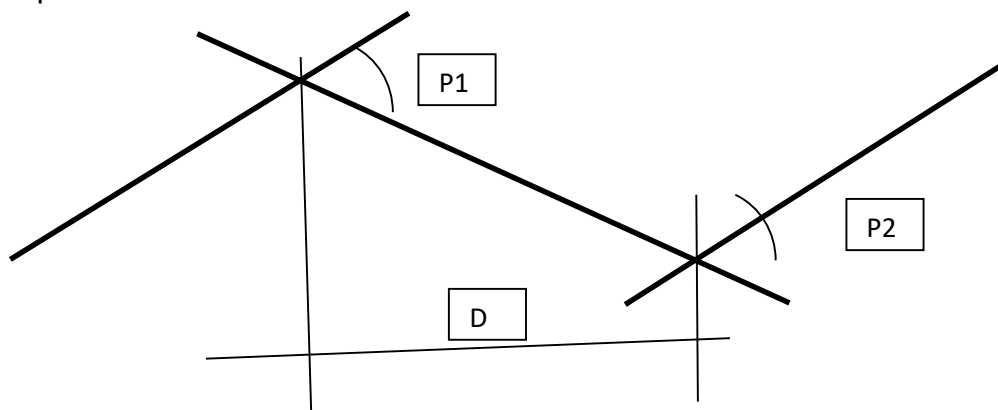


Figure 6. Profil en long entre deux pentes

$$D \geq 7500(IP1+IP2I) \quad (8)$$

Exemple: $p1=1\%$ et $p2= - 0.75\%$

La distance entre les deux pentes, au minimum, il faut qu'elle soit égale à $d=7500(1\%+0,75\%)= 131,25m$.

6.3. Profil en travers

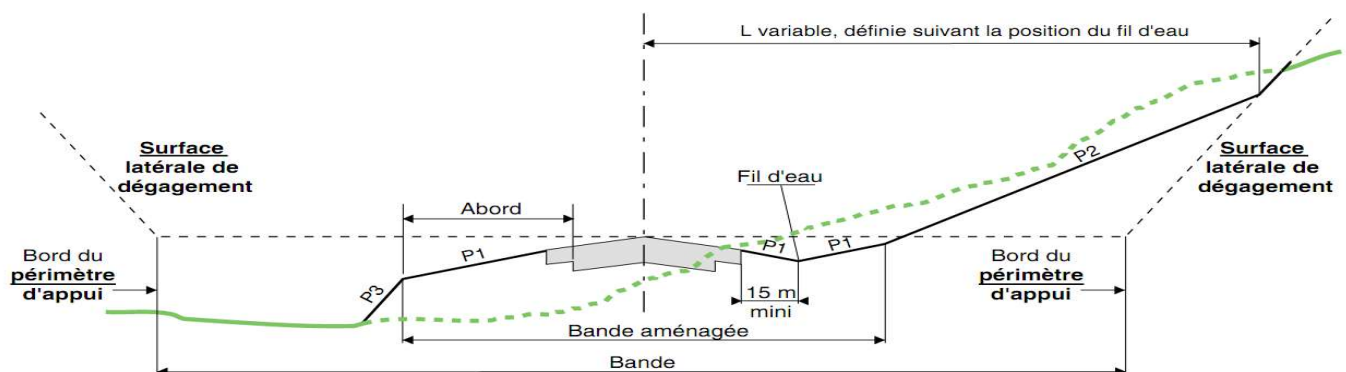
C'est la coupe transversale de la piste ou on peut voir la largeur de la chaussée avec tous ces constituants comme.

Les pentes transversales admissibles doivent être indiquées dans le tableau suivant :

Tableau4.

Tableau 4. Les pentes transversales de la piste.

Nature de chaussée	Pentes transversales	
	min	max
Rigide (en béton armé)	1%	1,5%
Souple(chaussée souple en bitume)	1,5%	2%



code chiffre	1 et 2	3 et 4
P1	3%	2,5%
P2	-	5%
P3	pente d'équilibre des talus	

Figure 7. Profil en travers d'une piste.

7. Les bandes :

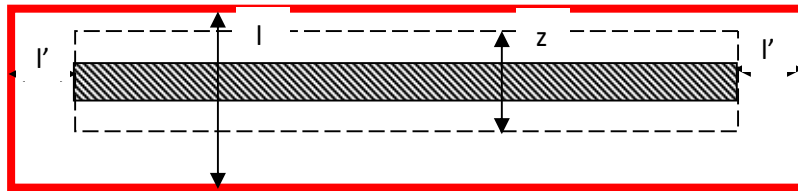


Figure 8 Les caractéristiques d'une bande

C'est un rectangle concentrique à la piste où on ajoute une longueur (l') de chaque extrémité de la piste où la valeur varie d'un aéroport à un autre.

On donne les valeurs de (l') correspondante à chaque classe comme indique ci-dessous :

- Les classes A et B on a $l'=60\text{m}$.
- La classe C on a la valeur de $l'=50\text{m}$.
- La classe D on a la valeur de $l'=30\text{m}$.

Dans tous les cas, nous devant avoir une largeur de piste $Z= 150\text{m}$ de terrain bien dégagée.

La largeur de la bande n'est pas en fonction de la piste, elle est en fonction de son utilisation (cas d'atterrissage à vue ou forcé, atterrissage en mauvaise visibilité, atterrissage avec une chaussée mouillée etc..).

Donc il faut assurer au moins 150m de largeur pour un atterrissage à vue et 300m de largeur pour un atterrissage forcé ou dans des conditions défavorables.

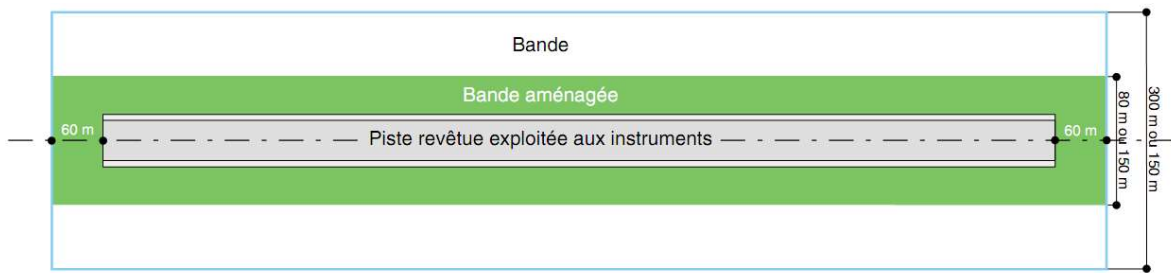
Le (Z) et (l) nous intéresse que dans le cas des pistes des grands aéroports (A et B). Mais pour les autres classes, il faut juste prévoir l'exploitation d'atterrissage en AMV en cas où l'aéroport change en classe supérieure de C à B ou A.

Les classes C et D sont prévues pour des atterrissages à vue donc la largeur ne doit pas être inférieure à 100m .

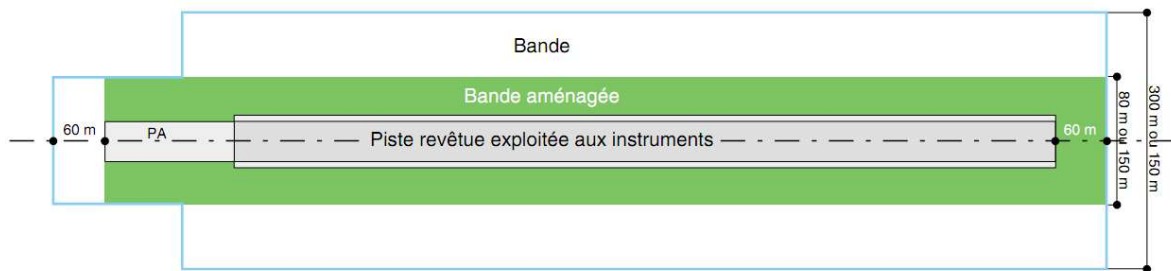
Ces bandes ont surtout un rôle de sécurité pour les avions qui ratent l'axe de la piste en atterrissage.

Les pentes de raccordements des bandes au terrain naturel sont de l'ordre de 2.5% .

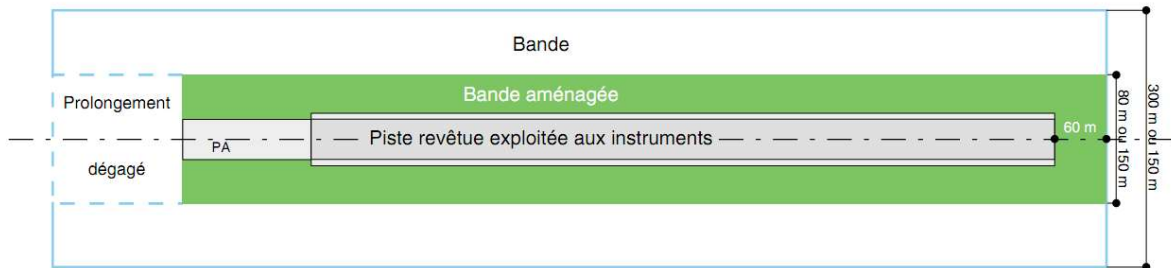
Cours Aéroport t- Infrastructures aériennes



3-29-a Piste exploitée aux instruments avec un dispositif équilibré



3-29-b Piste exploitée aux instruments avec un prolongement d'arrêt



3-29-c Piste exploitée aux instruments avec un prolongement d'arrêt et un prolongement dégagé

Figure 9. Différents modèles de bandes.



Figure 10. Prolongement de piste

8. Voie de circulation :

Les voies de circulation sont désignées le plus souvent par l'expression de TAXI-WAY. Elles ont des largeurs qui varient en fonction de la classe de l'aéroport (par exemple, le rayon de braquage des grands avions et les petits avions sont différents).

Leurs largeurs sont :

Pour un aéroport de classe A, on a une largeur $l=30m$.

Pour un aéroport de classe B, on a une largeur $l=25m$.

Pour un aéroport de classe C, on a une largeur $l=15m$.

Le tracé de taxi-way doit être étudié pour chaque catégorie.

Ces taxi-way doivent être courtes que possible et présente des virages aussi grands que possible.

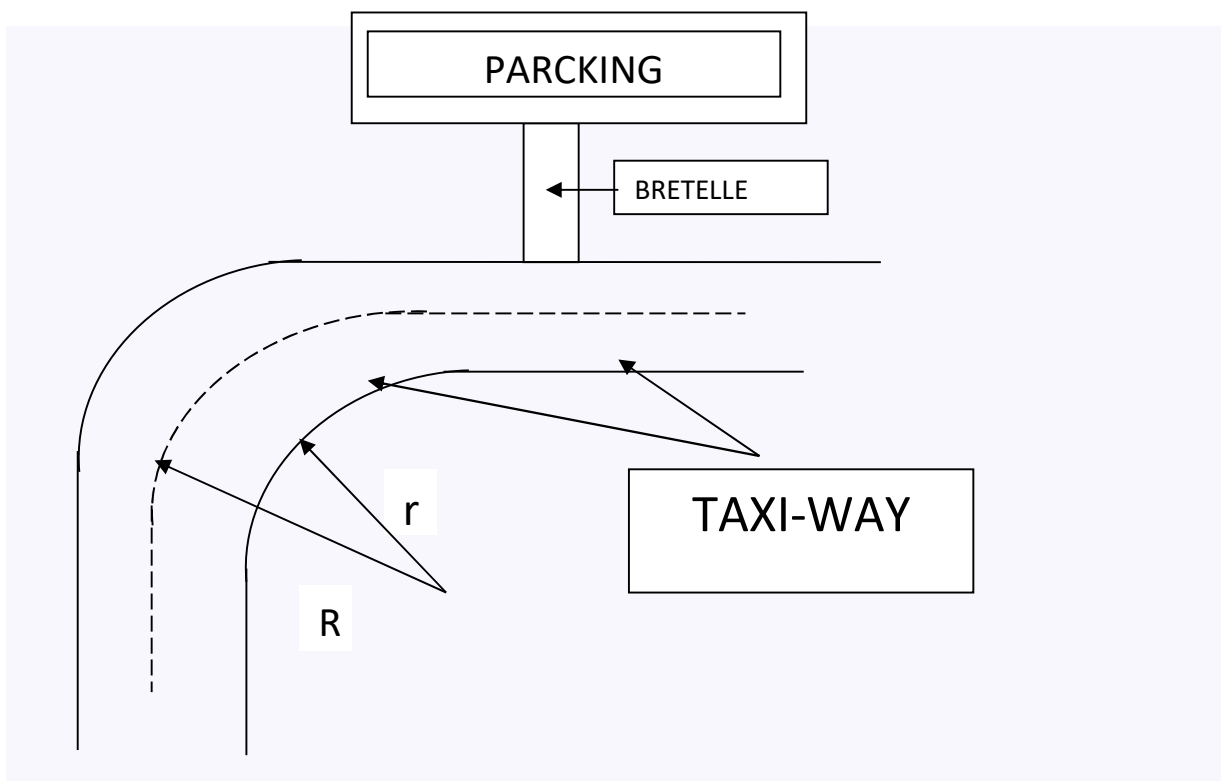


Figure 11. Raccordement des voies de circulation (TAXI-WAYS).

Les valeurs des rayons de raccordement sont en fonction des vitesses des avions.

Tableau 5. Valeurs de rayon en fonction des vitesses de l'avion dans les voies de circulation.

Rayon extérieur (r) m	Vitesse (Km/h)
45	32
105	48
195	64
300	80

Pour les classes A et B le Rayon doit être égal à (R=50m).

Pour la classe, le Rayon doit être égal à B R=30m.

8.1. Sorties des pistes

Les sorties des pistes doivent être multiples pour faciliter de trafic aérien au sol et limité les attentes des avions aux décollages avec aussi des voies de sorties rapides.

8.2. Aires d'attentes

On a plusieurs types d'aires d'attentes, leur choix dépend de la conception de l'aérodrome, sa fonction et de l'espace réserver.

8.2.1. Premier procédé :

on peut raccorder les taxi-way par des bretelles parallèles, comme le cas envisagé dans l'aéroport d'Es-sénia (Ahmed Benbella) par exemple. Ces bretelles sont séparées par une distance de 70 à 80m en raison de l'envergure de l'avion. Ce procédé a l'inconvénient de faire perdre une certaine longueur de piste au deuxième appareil. Il reste une bonne solution pour les bretelles centrales des pistes très longues.

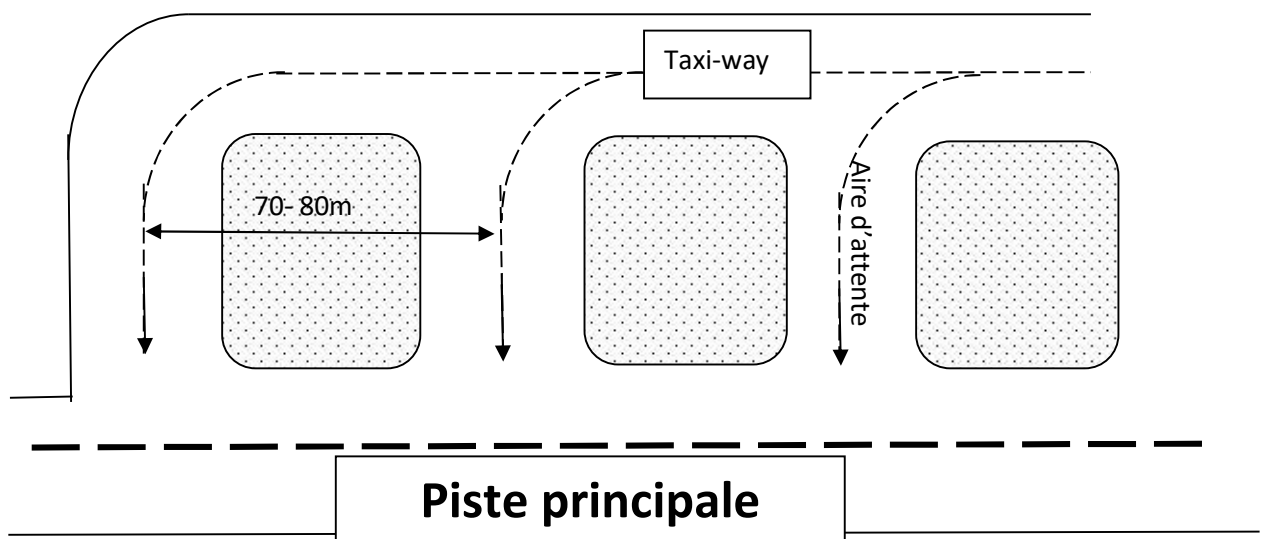


Figure 12. Procédé 1 aires d'attentes parallèles

8.2.2. Deuxième procédé:

afin d'éviter le précédent procédé, on peut construire deux bretelles qui se jointent dans leurs sorties à la piste

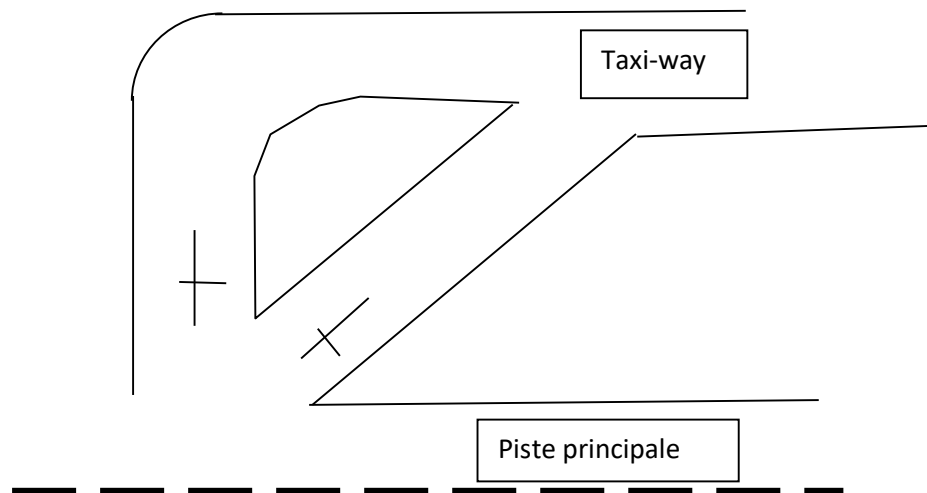


Figure 13. Procédé 2 aires d'attentes en bisou.

8.2.3. Le procédé C :

sur certain aérodrome militaire, la bretelle de liaison est élargie pour permettre le stationnement simultané. Ce système est surtout utilisé sur les aérodromes militaires pour permettre aux appareils de décoller en escadrilles (une après autre à la fois).

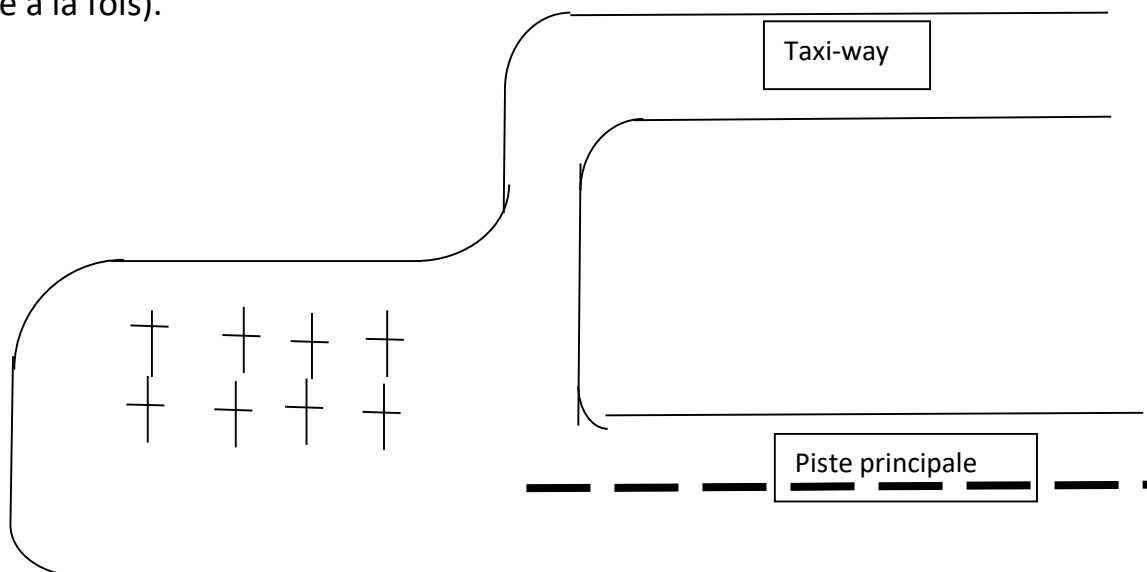


Figure 14. Procédé 3, aires de stationnement simultanées.

9. Les dispositifs particuliers des pistes principales

Les deux extrémités de la piste sont aménagées des raquettes en béton d'abouts.

- Ces raquettes permettent aux avions de faire le demi-tour.

- ons de faire de manœuvres de demi-tour.

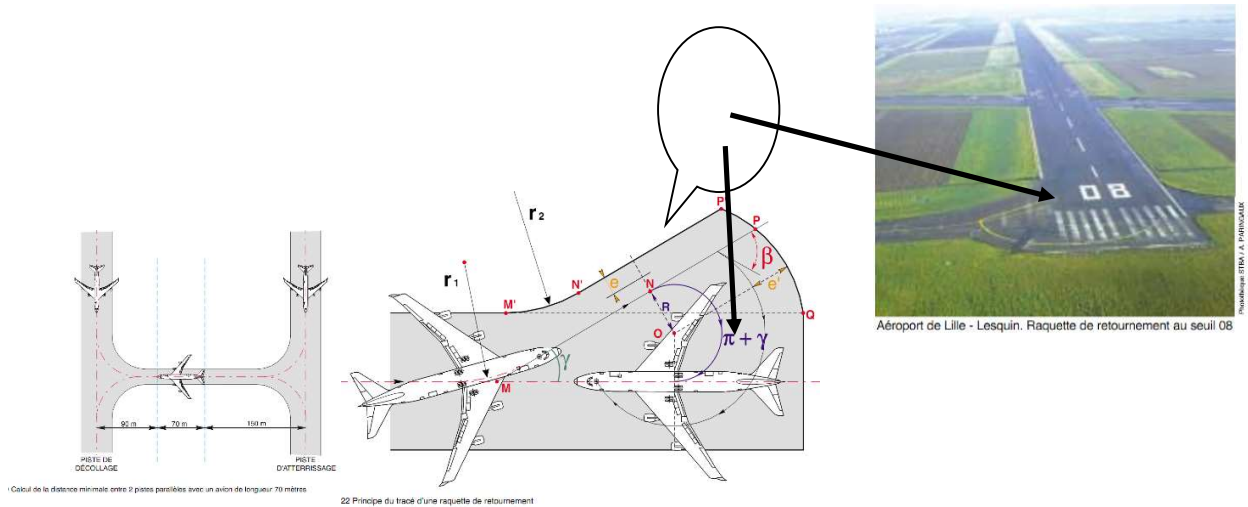


Figure 15. Raquette des abouts d'une piste.

Les aires de trafic sont destinées à délimiter l'espace qui sont réservées aux avions pour l'embarquement et le débarquement des passagers, de la poste pour les courriers, les frets ainsi que pour l'avitaillement ou approvisionnement, le garage, l'entretien ou la préparation au vol des Avions.

10. Les aires de stationnements

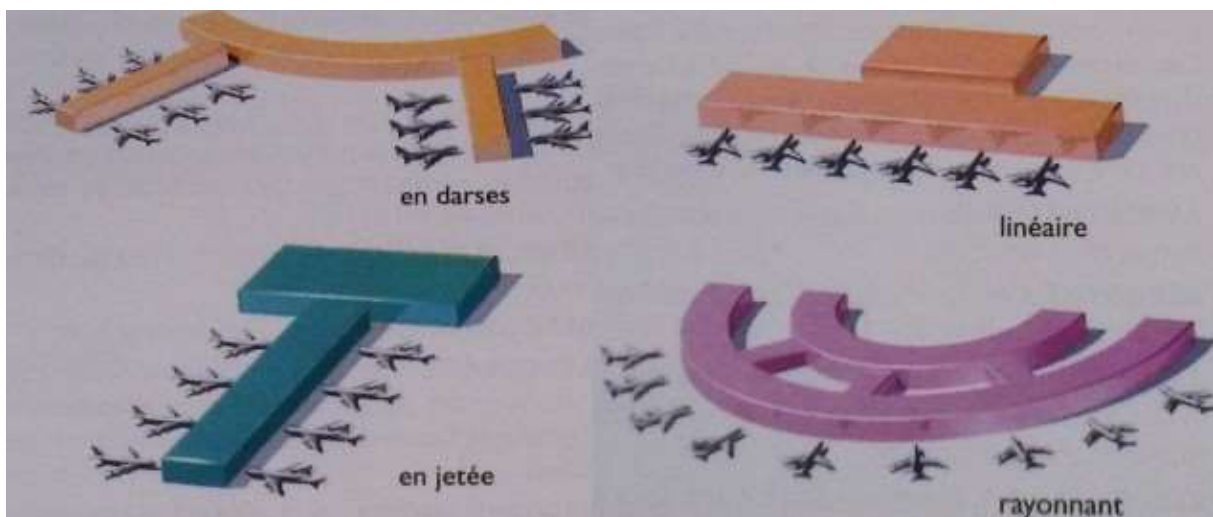


Figure 16. Différentes configurations de jetées

11. Les aires de manœuvres :

Les aires de manœuvres se sont des aires qui sont destinées aux différentes manœuvres de décollage atterrissage et même circulation au sol comme demi-tour

Cours Aéroport t- Infrastructures aériennes

parcourir les voies de circulation pour arrivées à la piste ces manœuvres sont lustrées dans les figures ci-dessous.



Photographie STBA / A. PARINGAUDX

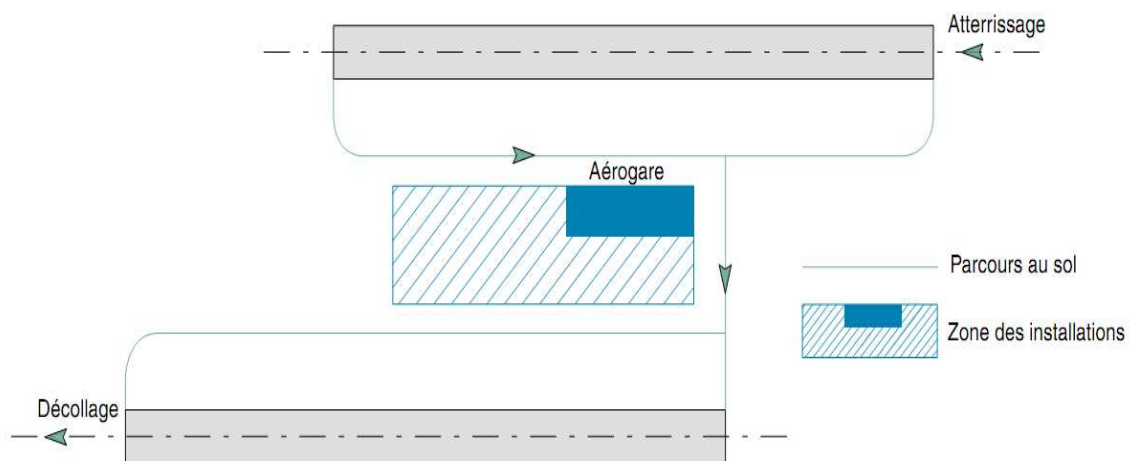


Aéroport de Saint-Denis - Gillot

Aéroport de Lyon-Satolas. Doublet de pistes rapprochées

Figure 17. Aires de manœuvre

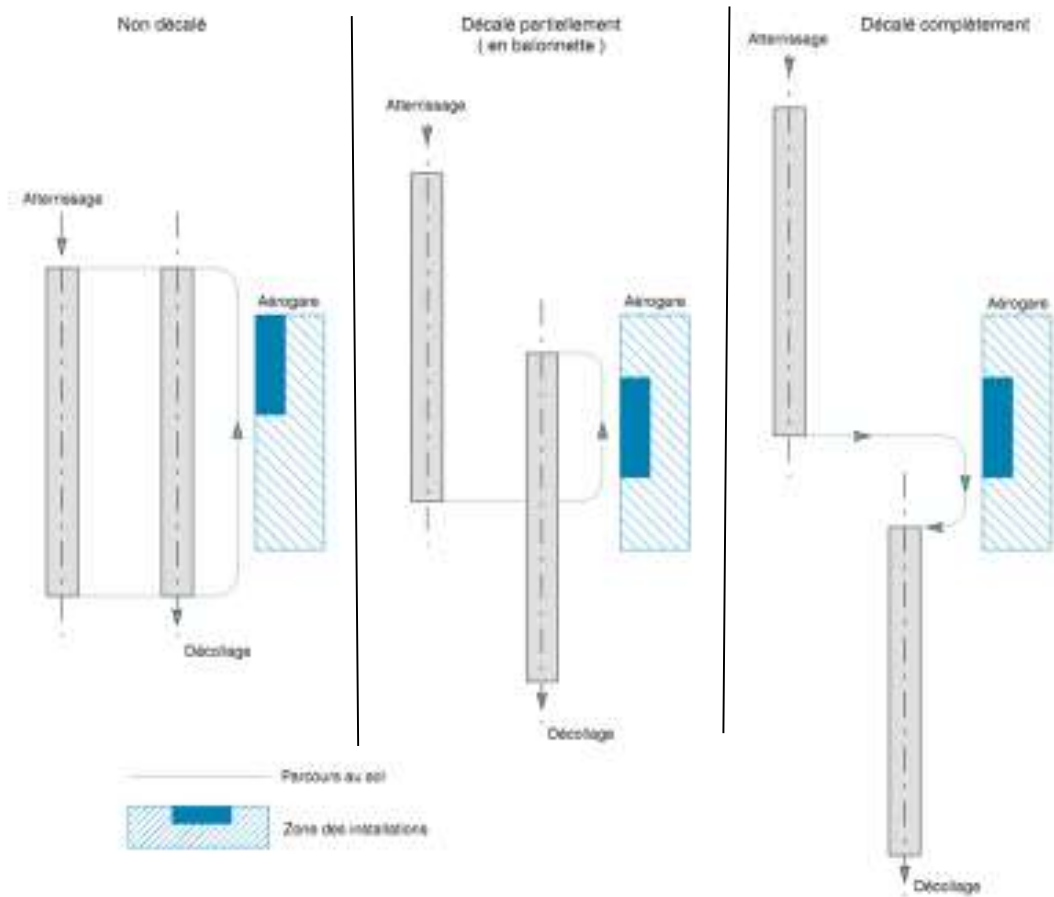
On peut envisager les différentes manœuvres d'atterrissage et de décollage comme dans les schémas suivants :



3-18 Exemple d'un doublet spécialisé éloigné

1^{er} cas l'aérogare au lieu des pistes

Les trois cas suivants sont respectivement, cas de pistes parallèles et l'aérogare à côté, les deux cas qui restent sont pour les pistes décalées.



Différentes configurations des infrastructures dans le cas d'un doublet rapproché

Figure 18. Différentes configuration aéroport et pistes

12. Dimensionnement d'une piste d'aérodrome

On général on a deux types de chaussées. Chaussée rigide (dalle en béton armé) et chaussée souple (couche en béton bitumineux).

Constituants de chaussées souples :

Elles sont constituées de bas vers le haut comme suit :

- Couche de fondation
- Couche de base
- Couche de roulement

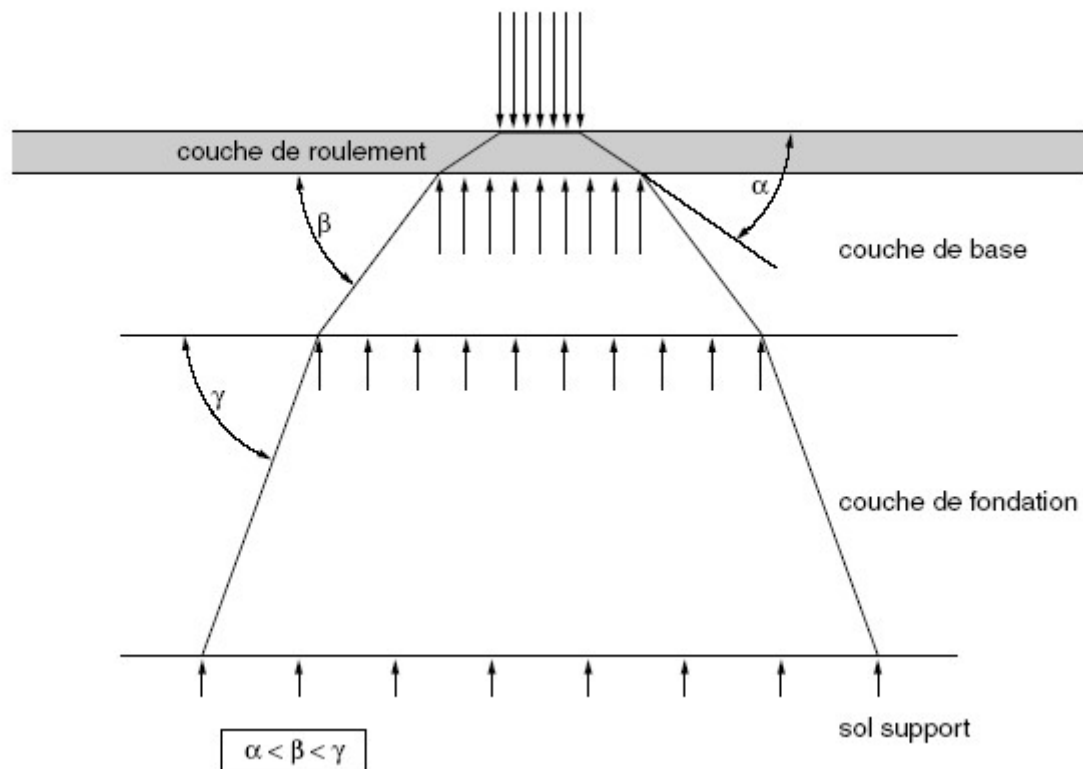


Figure 19. Profil des différentes couches de chaussée.

12.1. Constituants d'une chaussée rigide

Une chaussée rigide est constituée par un ensemble de dalles en béton de ciment reposant sur une couche de fondation, constituée par un béton maigre ou en grave ciment (béton poreux) dont les fonctions sont :

- D'assurer la continuité de l'appui des dalles au droit des joints,

- D'offrir une surface stable pour le déroulement des travaux de bétonnage.

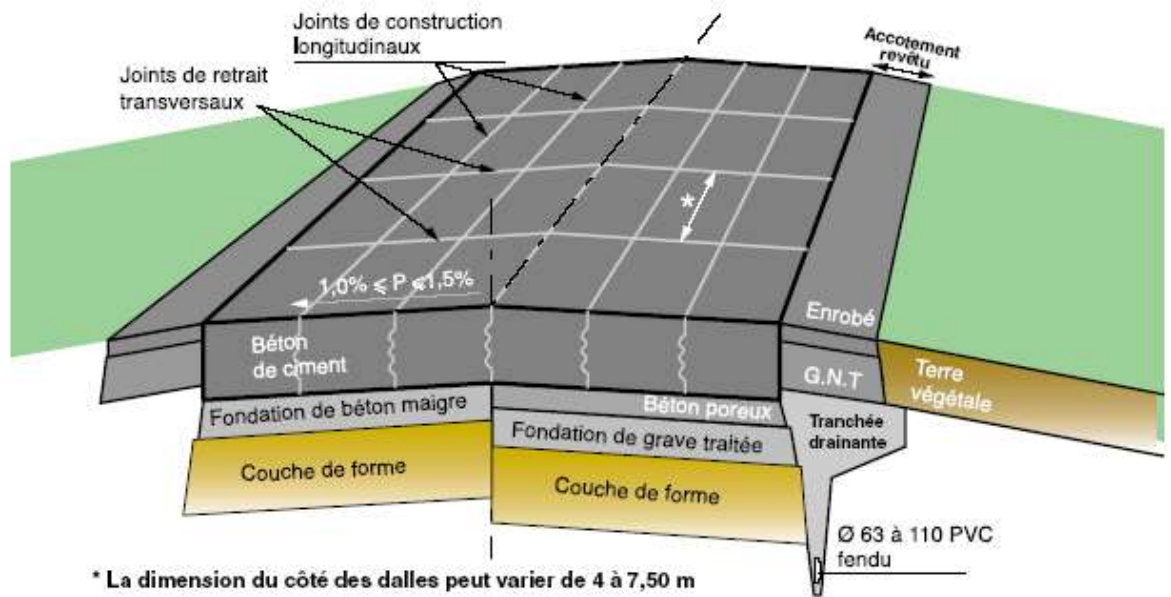


Figure 20. Coupe transversale d'une chaussée rigide.

12.1.1. Chaussées à dalles courtes non armées et non goujonnées dites « californiennes » :

Elle est constituée d'une dalles courtes à joints transversaux (sciés dans le béton au jeune âge avec un espacement variant de 4 à 7,5 m)

12.1.2. Chaussées à dalles courtes non armées et goujonnées :

Afin d'améliorer le comportement des joints transversaux et le transfert de l'effort tranchant entre dalles, des goujons sont disposés au droit de chaque joint.



Figure 21. Chaussées à dalles courtes non armées et goujonnées.

12.1.3. Chaussées en béton armé continu

Pour éliminer la présence de joints, une solution est d'employée qui concerne utilisation des armatures métalliques longitudinales qui répartissent les déformations dues au retrait du béton.



Figure 22. Chaussée en dalle en béton armée.

12.2. Principe de calcul et dimensionnement de chaussées

Le dimensionnement des chaussées aéronautiques souples est basé sur la méthode C.B.R. pour définir une épaisseur équivalente totale qui sera traduite sous forme d'un corps de chaussée.

Le dimensionnement des chaussées aéronautiques rigides est régi par un programme informatique fondé sur la méthode de la « Portland Cement Association » avec les hypothèses de **Wstergaard**.

Le STBA a édité tous les documents pratiques (outils, abaques, etc.) de dimensionnement des chaussées pour les principaux avions en service.

12.2.1. Etape à suivre pour dimensionner une chaussée sont :

1 Prévision de trafic

Le trafic : La prévision du trafic dépend de l'avion critique sa la masse max et la Fréquence (mvt/j) du trafic.

2 Détermination des caractéristiques du sol support : elles sont données par données géotechniques tel que le CBR pour les chaussées souples et le module de réaction pour les chaussées rigides K.

3 Détermination d'une épaisseur équivalente

4 Choix d'une constitution de chaussée

12.2.2. Détermination de la charge

La masse totale de l'avion critique : P_t

Il faut déjà déterminer la charge maximale supportée par l'atterrisseur principal: P, chaque avion a son propre poids par exemple pour le AIRBUS 330 300 on a :

A330 300

ATTERRISSEUR PRINCIPAL

BOGGIE

MASSE MAXI ROULAGE (kg) =	234 000
MASSE A VIDE OPERATIONNELLE (kg) =	130 000
CENTRAGE AR MAX (%) =	47.75

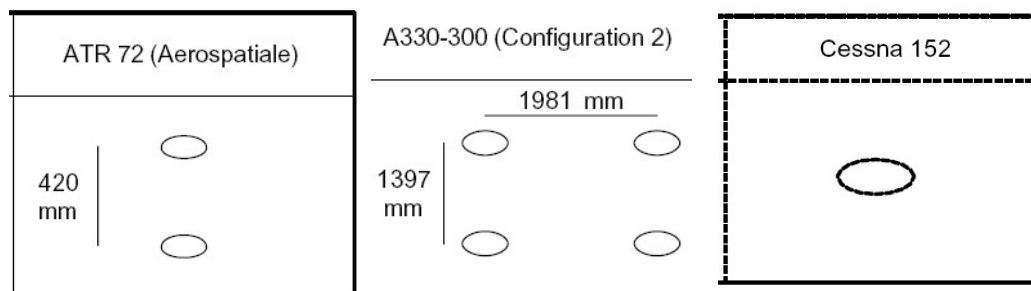
Remarque :

La masse d'un avion est répartie comme suit :

10% pour l'essieu de nez et 45% pour chaque essieu sous les ailes.

$$P' = C * Pt$$

12.2.3. Différente atterrisseur de différents avions



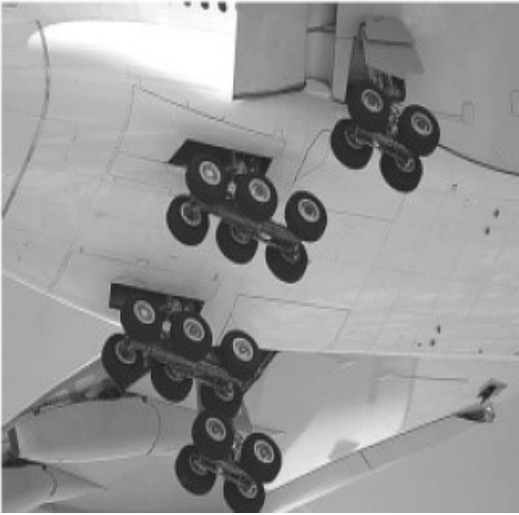

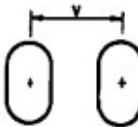

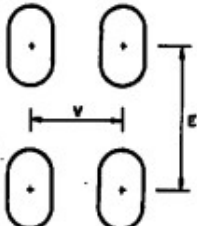


Figure 23. Différente atterrisseur principal.

Tableau 6. Caractéristiques des atterrisseurs principaux

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

12.2.4. Principaux avions pour la compagnie Air-Algérie

Tableau 7. Avions utilisé par l'air Algérie.

Types d'avion	Type d'atterrisseur principal	Masse max roulent (kg)	Masse à vide(kg)	Centrage arrière Max(%)
ATR72 212A	Jumelage	22 670	12 850	48
B737 600	Jumelage	66 000	36 500	45,83
B737 800	Jumelage	79 500	41 500	46,77

B767	Boggie	180 000	82 000	45,41
A330 200	Boggie	234 000	130 000	47,75



Figure 24. Quelques photos des avions utilisés en Algérie.

12.3. Différents types de train d'atterrissage

Dans le cas où on a une roue ou un essieu ou un boggie, on n'a pas le même effet sur le sol. La répartition des contraintes dans le cas de deux ou plusieurs roues implique un chevauchement des diagrammes de contraintes. Donc, on somme les deux effets pour obtenir une contrainte max (σ_{max}), on peut imaginer tous a fait une roue simple qui causerait a peu près le même effet c'est le concept de la roue simple équivalente (RSE) ou bien la charge équivalente, d'après W. DE BOYS ET FOSTER qui ont montré la variation de RSE avec l'épaisseur, voir le graphe ci-dessous.

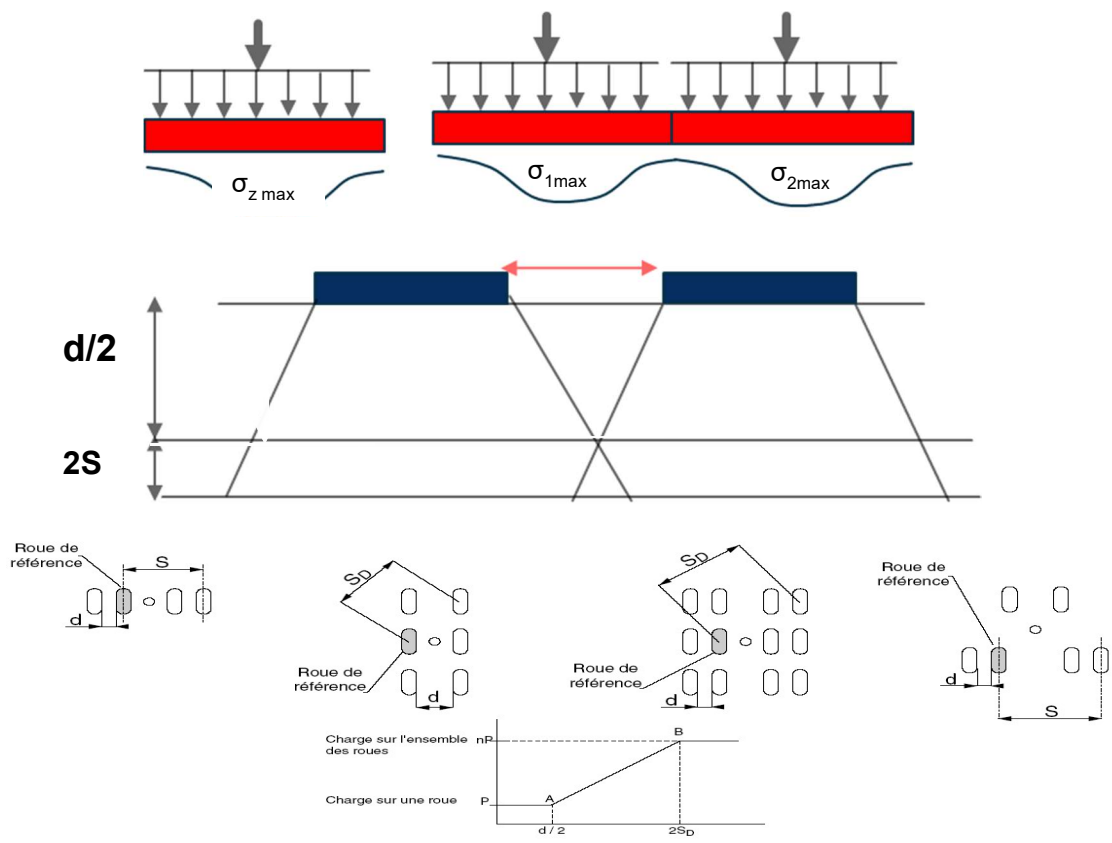


Figure 25. Différents types de jumelage

On montre donc que juste à $z=d/2$ l'action des deux roues est indépendante. Mais à $z > 2S$ l'action est confondue et équivalente à une roue de $2P$.

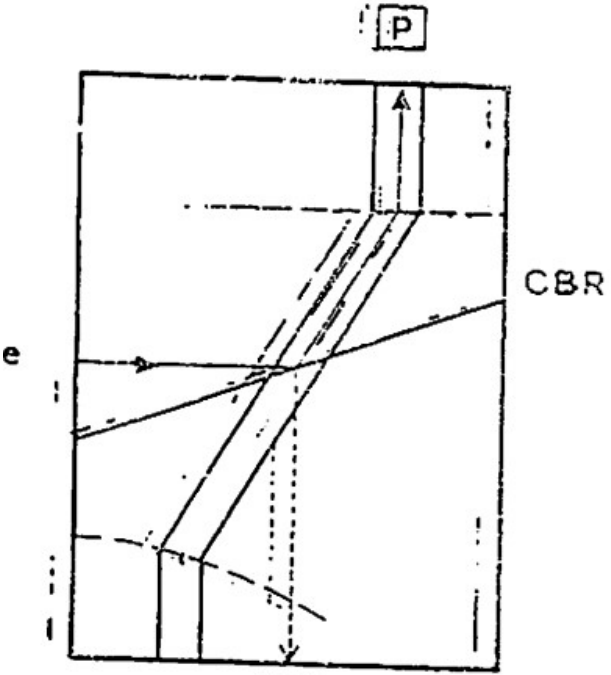
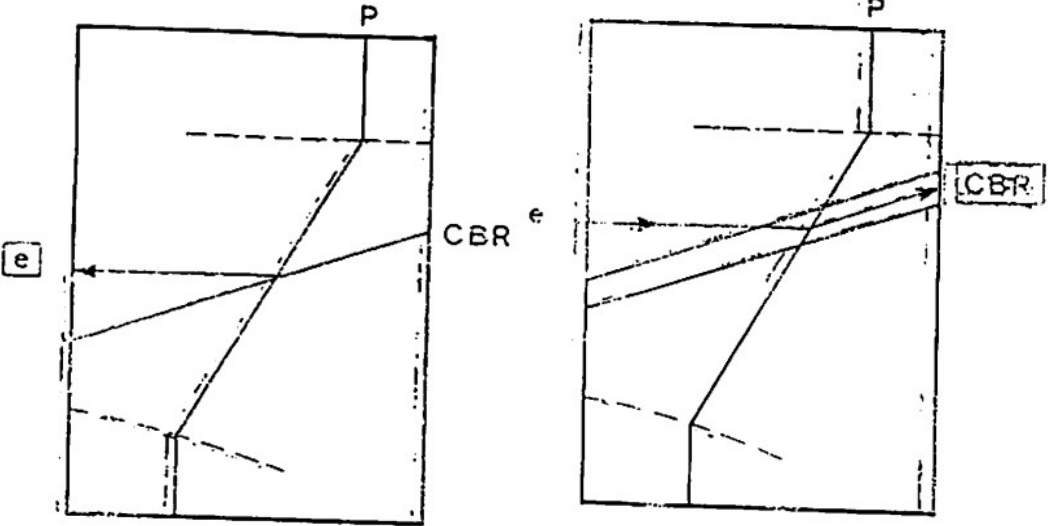


Figure 26. Abaque de détermination de l'épaisseur de chaussée

12.3.1. Pondération de la charge selon l'aire considérée P'

La charge P' est pondérée en fonction de l'aire ou elle est positionnée.

Par exemple, l'avion pèse lourd dans le parking et pèse léger dans le prolongement de piste.

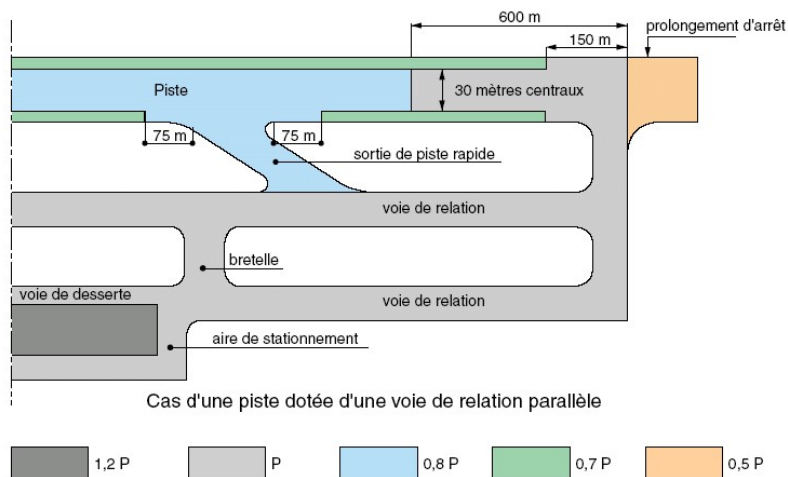


Figure 27. Différent cas de charges en fonction des zones d'un aéroport

Donc il y a lieu de faire Correction de la charge selon le trafic réel P''

Le passage du couple (P', n) à la valeur (P'', 10), qui est introduite dans les abaques

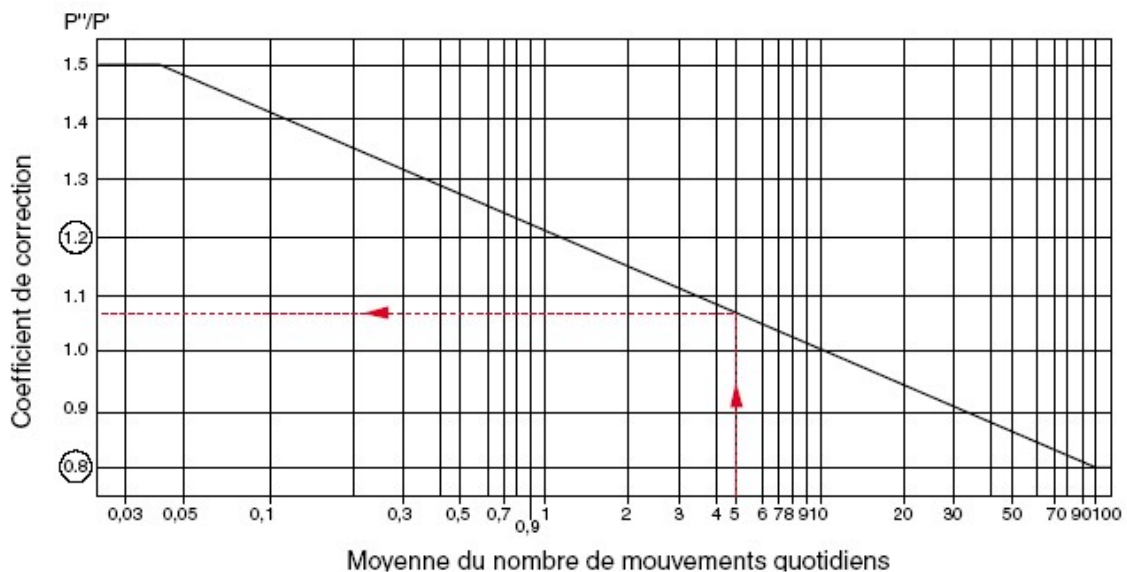


Figure 28. Abaque de correction de charge.

$$P'' = \frac{P'}{(1,2 - 0,2 \log_{10} n)}$$

L'application du coefficient de pondération aboutit à la détermination de la masse corrigée P''.

12.4. Chaussées souples

Les paramètres d'entrée de cet abaque sont :

- La valeur de la masse pondérée et corrigée P''.
- L'indice portant CBR du sol support.

L'abaque "chaussée souple" permet de déterminer la valeur de l'épaisseur équivalente totale de la chaussée souple (en cm) en fonction de la charge et le CBR du sol.

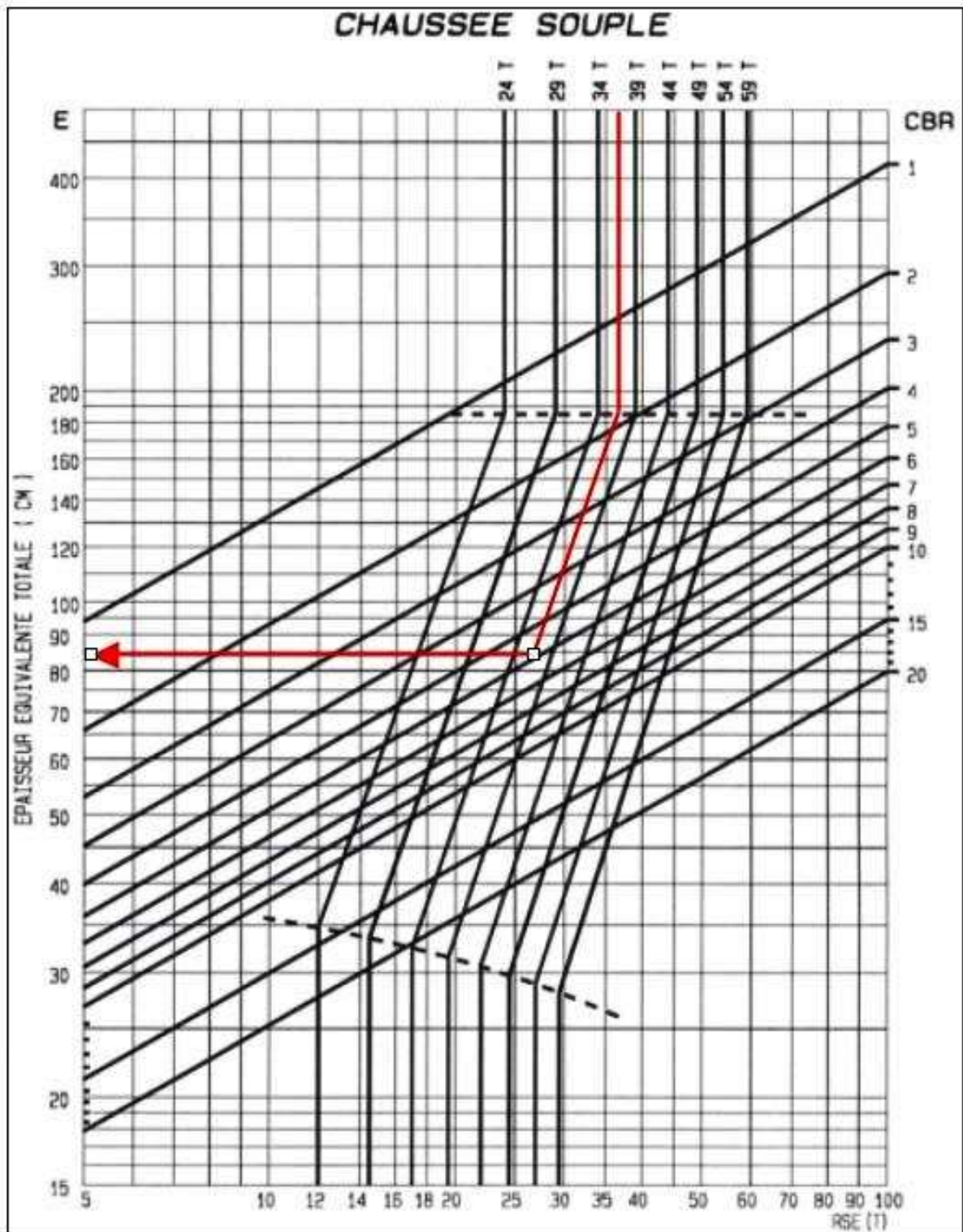


Figure 29. Abaque de détermination de l'épaisseur de chaussée

12.5. Diffèrent cas de chaussées aéronautiques

- Chaussées souples
Les chaussées souples se caractérisent par des couches qui ne présentent pas une très grande résistance à la flexion. La diffusion des efforts générés

par l'atterrissage de l'avion est essentiellement assurée par l'épaisseur du corps de chaussées.

- **Chaussées rigides**
Les chaussées rigides se caractérisent par une couche de surface en béton hydraulique et donc fortement rigide. Cette couche joue à la fois le rôle de la couche de base et de la couche de surface d'une chaussée souple.
- Les dalles de béton hydraulique reposent sur une couche de fondation dont le rôle est d'assurer la continuité de l'appui des dalles au droit des joints, d'offrir une surface stable pour le déroulement des travaux de bétonnage.

Différentes types de model de chaussées.

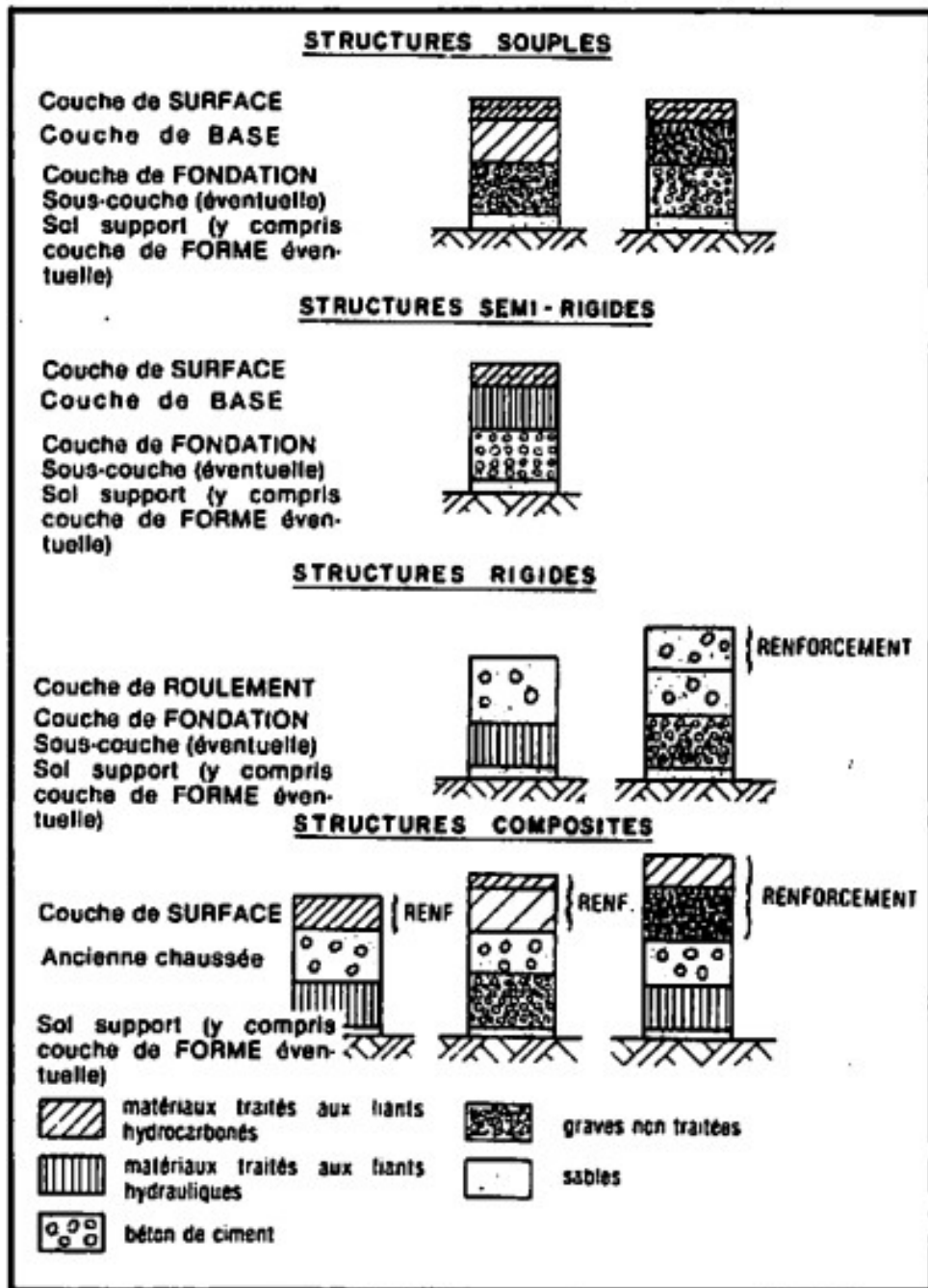


Figure 30. Différentes types de model de chaussées.

13. Conclusion générale

Cette polycopie a été donc conçu comme un ensemble de cours allant du niveau débutant jusqu'à celui d'ingénieur professionnel dans le domaine de l'infrastructure aérienne. Les informations proposées ne restent pas théoriques mais s'appuie sur plusieurs exercices et applications, des exemples issus de cas réels et des exercices corrigés.

Ce polycopié devrait être aussi utile à un enseignant qu'à un étudiant inscrit en voie et ouvrages d'art en génie civil. Nous espérons que la publication de notre cours sera bénéfique aux collègues qu'ainsi aux élèves ingénieurs dans le domaine de construction aérienne; en effet les ouvrages dans le domaine de l'infrastructure aérienne sont rares et les derniers, datant d'au moins une vingtaine d'années.

En fin mon dernier mot est que votre avis pour améliorer notre travail, nous intéresse, n'hésitez pas à nous écrire.

14. Références

- Dimensionnement des chaussées, instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodrome et la détermination des charges admissible Vol1,2 et 3. Ministère de transport, direction générales de l'aviation civile, service des bases aériennes, service technique des bases aériennes, 1983.
- Service technique des bases aériennes, dimensionnement des chaussées d'aérodrome, tableaux des caractéristiques et abaqués de dimensionnement pour les principaux avions commerciaux, 1993.
- Cours d'aéroport M. BENDJABBOUR Azzeddine 1993.