

23/86

2 ER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE - CIVIL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

REAMENAGEMENT
DE L'AERODROME
DE BISKRA

Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par :

A. KHOUBZI
A. ADOU

PROMOTION :

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

REAMENAGEMENT
DE L'AERODROME
DE BISKRA

Proposé par :
SO. NA. T. RO

Etudié par :
A. KHOUBZI
A. ADOUI

Dirigé par :
Mr KENANA

PROMOTION Jan 86

AVANT - PROPOS 1

CHAPITRE I 2

- INFRASTRUCTURE ET AMENAGEMENT

1 - INFRASTRUCTURE	3
1.1 - généralités	3
1.2 - situation de l'aéroport	3
1.3 - fiche technique de l'aérodrome	3
1.4 - problème actuel	4
1.5 - infrastructure projetée	4
1.6 - normes à respecter	4
2 - ETUDE PRELIMINAIRE	5
2.1 - caractéristique de l'aérodrome	5
2.2 - Météorologie de l'aérodrome	5
2.3 - choix de l'orientation de la piste	6
2.4 - vérification de la longueur de la piste et calcul de penalisation	11
3 - AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES DE LA PISTE	14
3.1 - roquettes de manoeuvre	14
3.2 - congés de raccordement	16
3.3 - caractéristiques géométriques des accotements, bandes et piste	21
3.4 - aire de stationnement et ses accès	24

CHAPITRE II

- ETUDE GEOTECHNIQUE	28
1 - INTRODUCTION	29
1.1 - sur le terrain naturel	29
1.2 - sur la couche de base	29

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة
 Ecole Nationale Polytechnique

2 - présentation essais réalisés	31
2.1 - constitution du corps de chaussée existant	31
2.2 - identification et classification du sol	31
2.3 - essai de densité en place	31
2.4 - essais de proctor modifié et C.B.R	31
2.5 - essais de plaque	34
3 - Résultats et interprétations	35
3.1 - constitution du corps de chaussée existant	35
3.2 - identification et classification du sol	36
3.3 - densité en place	43
3.4 - proctor modifié et C.B.R.	46
3.5 - essai de plaque	53

CHAPITRE III

- DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	54
1 - Généralités et définitions	55
1.1 - chaussée souple	55
1.2 - chaussée rigide	56
2.- Choix de la charge de calcul	58
2.1 - masse de l'avion	58
2.2 - charges utilisées dans les calculs	58
2.3 - pondération de la charge selon la fonction des aire de mouvements	58
2.4 - remarque	58
3 - DIMENSIONNEMENT	59
3.1 - dimensionnement forfaitaire	59
3.2 - dimensionnement optimisée	61
4 - COLLECTE DES DONNEES	63
4.1 - évaluation de la chaussée existante	63
4.2 - prevision de trafic	63
4.3 - caractéristiques du sol suport	64

4.4 -contrainte de béton	64
4.5 - caractéristiques des matériaux susceptible d'être utilisé	65
4.6 - couche de fondation concernant la chaussée rigide	65
5 - Renforcement de la piste 13131	66
5.1 - raison de renforcement	66
5.2 - renforcement scuple	66
5.3 - renforcement rigide	71
5.4 - renforcement des prolongements d'arrêt (P.O.R)	75
6 - Dimensionnement de nouvelles aires de mouvements	77
6.1 - bretelle de liaison	77
6.2 - aire de stationnement	78
6.3 - accotement stabilisées et bandes anti-souffle	81
6.4 - tableau récapitulatif	82

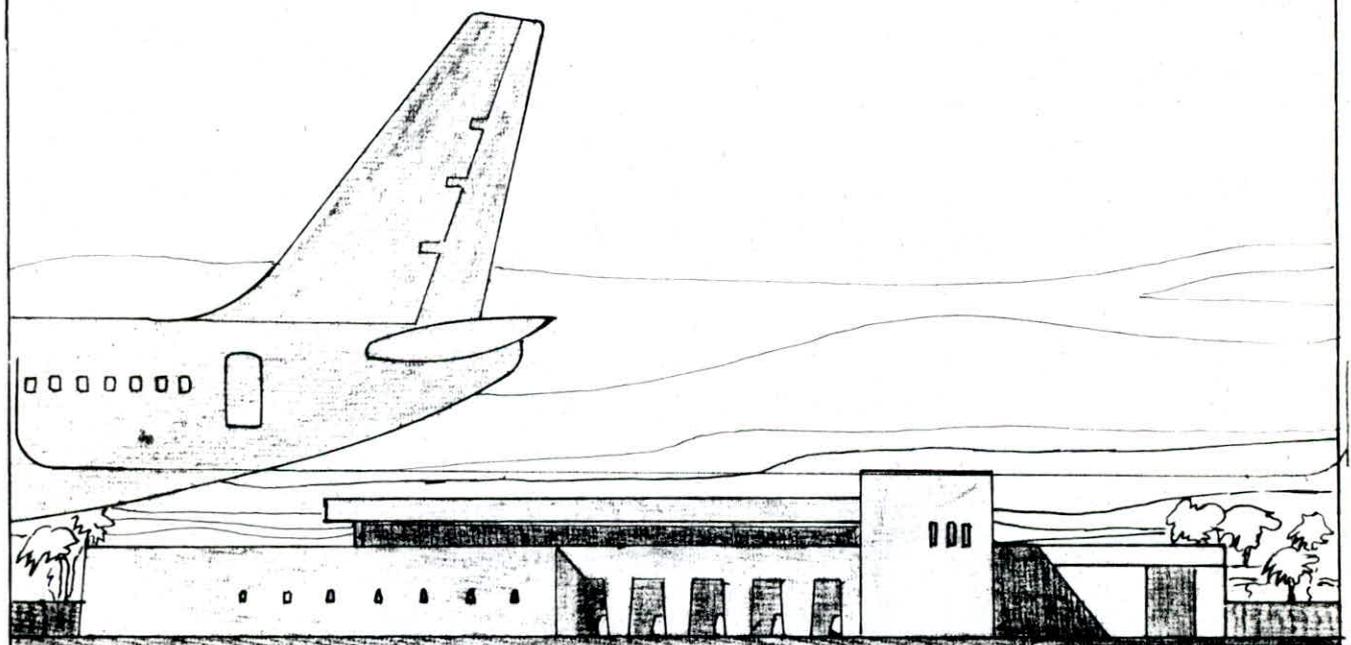
CHAPITRE IV

- TERRASSEMENTS	83
1 - généralités	84
2 - calcul des cubatures	84
3 - scarification et compactage	84
3.1 scarification des revêtements existant	
3.2 compactage de fond de forme	92
4 - surface anti-kérozene	92
5 - netré	92

Conclusion

94

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique



Three horizontal lines defining a space for writing or notes.

D E D I C A C E S

Je dédie ce mémoire de fin d'études à:

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة
BIBLIOTHEQUE —
Ecole Nationale Polytechnique

- Mon père

- Ma mère

qui grâce à leur sacrifice ont fait de moi ce que je suis

- Ma grande-mère

- Mes frères et soeurs

- Ma famille

- Mes amis

KHOUBZI Abdelaziz

Je dédie ce mémoire d'Ingénieur à:

- Mon regretté père

- Ma mère

- Mes frères et soeurs

- A mes amis, et en particulier:

TAIB Abdelaziz et MOUSSAI Bouzid

ADOUI Abderahmanne

R E M E R C I E M E N T S

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة —
BIBLIOTHEQUE —
Ecole Nationale Polytechnique

Ce mémoire a été réalisé à l'Ecole Nationale Polytechnique sous la direction de Monsieur KENANA, Docteur-Ingénieur.

Nous tenons à lui exprimer ici toute notre reconnaissance pour l'aide précieuse et le dialogue permanent qu'il a su établir entre nous, tout au long de ce travail.

Notre reconnaissance va également à Messieurs KHEMISSA, HADJ-AMAR et FERRAT pour leur aide technique.

Pour leur collaboration et leur bienfaisant soutien moral, Messieurs NOUI, SOUILAH et BENDRISSI trouverons ici l'expression de nos plus chaleureux remerciements.

Nous remercions tous les cadres de l'E.N.E.S.A et en particulier Messieurs CHAIB, MOSAR, DJAIDJAA et BOUZARI pour leur soutien logistique.

Notre gratitude va à Messieurs KHERCHI et GHEZALI, responsables à la SONATRO ainsi qu'à tous le personnel de l'imprimerie.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à Messieurs les professeurs de l'E.N.P. qui ont grandement contribué à notre formation.

Enfin, qu'il me soit permis d'exprimer toute notre sympathie à nos amis: Messieurs YAHIAOUI, BEN ALLAL, TIOURIRINE, NECIB, AKRETCHÉ, TAIB, MAHOUEJ, BELAID, CHAKAL et BENABDESLAM, qui de loin ou de près nous ont moralement soutenu lors de la préparation de ce mémoire.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة —
BIBLIOTHEQUE —
Ecole Nationale Polytechnique

A V A N T - P R O P O S

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

CHAPITRE I :

INFRASTRUCTURE

ET

AMENAGEMENT



Au lendemain de son indépendance, l'Algérie a hérité d'un énorme déséquilibre régional entre le nord et le sud du fait que la quasi-totalité des activités économiques étaient concentrées sur une mince bande côtière.

Ainsi l'émancipation de cette partie du territoire national, qui couvre plus des deux-tiers de la superficie du pays et qui renferme en son sein l'une des plus fabuleuses richesses du monde, est devenue l'une des plus importantes préoccupations politiques et économiques.

De ce fait, le développement des communications entre les deux régions, aux reliefs diamétralement opposés, était primordial pour permettre aux villes du Sud de sortir rapidement de leur isolement et pouvoir profiter pleinement et efficacement d'un certain nombre de projets et plans économiques.

De plus, les grandes distances séparant les villes du Sud entres-elles d'une part et des centres économiques du Nord d'autre part ont influencées grandement sur le choix de l'AVIATION comme moyen de liaison. Pour cette raison, les autorités Algérienne ont pris la décision de concevoir et réaliser plusieurs aérodromes nouveaux ainsi que le réaménagement de ceux existants.

Dans ce cadre, le réaménagement de l'aérodrome de "BISKRA", ville prénommée porte-est du SAHARA, répond parfaitement au soucis de promouvoir cette région qui aura à jouer dans l'avenir un rôle prépondérant dans les échanges économiques entre le Nord et le Sud-Est du pays.

1. INFRASTRUCTURE

1.1 Généralités

La position géographique stratégique de la ville de Biskra fait de celle-ci une véritable plaque tournante dans les relations économiques entre les régions du Nord et celles du Sud-Est du pays.

En effet, l'existence d'un aéroport moderne, répondant aux normes internationales et conforme au volume d'échange sans cesse croissant tant en matière de commerce que touristique, devient une nécessité vitale pour les autorités concernées.

1.2 Situation de l'aéroport

L'aéroport est situé à 6 Km au sud de la ville en bordure de la RN 3 et la ligne de chemin de fer Biskra-Tougourt. Il est implanté sur un terrain désertique et sablonneux parsemé de rares végétations.

L'aéroport actuel, de part son exiguité et du fait de l'existence d'une seule piste ne répond pas à l'immensité du trafic quotidien.

Le présent rapport a pour objet l'étude du renforcement avec reprofilage de certaines zones de piste ainsi que la construction d'un parking civil avec bretelle d'accès.

1.3 Fiche technique de l'aérodrome

L'aérodrome de Biskra répond actuellement à deux genres de trafic, l'un civil et l'autre militaire. Il est, de ce fait divisé en deux zones distinctes: la base militaire d'une part et d'autre part d'un immense terrain sur lequel sont construites l'unique piste ainsi que deux bretelles d'accès.

A l'intérieur de l'enceinte militaire, deux aires de stationnement perpendiculaires entres-elles accueillent l'avion quotidien d' AIR ALGERIE, de même que les avions et hélicoptères de l'armée.

Ces deux aires sont reliées à la piste par deux voies de circulation, la première est une bretelle de 550 m de longueur qui aboutit au seuil 13, l'autre bretelle aboutit au seuil 31. Elle est située sur l'emplacement de l'ancienne bande non revetue (orientée 13/31) de dimension 2900x45 m est conforme aux recommandations de l'Office de l'Aviation Internationale Civile (O.A.C.I.) et est classée dans la catégorie A.

Elle est pourvue d'une raquette à chaque seuil, autorisant des virages à gauches. Elle possède aussi deux prolongements occasionnellement roulables (POR) de 60 m de longueur, revetus d'un enduit superficiel monocouche. L'ensemble des aires de mouvement à une chaussée à structure dite "souple".

1.4 Problème actuel

Le problème majeur qui se pose à Biskra se résume en ce qui suit: la piste n'a pas une structure suffisante pour recevoir des avions à gros tonnage type "Boeing 737", les dégradations subies en 1976 en témoignent. Pour maintenir une liaison aérienne, Air Algérie a opté pour l'utilisation d'avions de moindre calibres (Foker 27). Seulement ne disposant pas suffisamment d'appareil de ce type pour multiplier les fréquences, l'activité économique s'est vue diminuée et la demande est devenue beaucoup trop élevée par rapport à l'offre.

1.5 Infrastructure projetée

Les travaux nécessaires au réaménagement de l'aérodrome comprennent:

- le renforcement de la piste (13/31) sur toute sa longueur,
- la constitution de chaussées revêtues sur les accotements anti-souffle (largeur 7,50 m),
- la construction d'une nouvelle aire de stationnement de 23.750 m² (250x90 m) et d'une extension pour l'aviation légère côté Nord-Ouest d'une superficie de 2.375 m² (90x25 m),
- la construction d'une bretelle de liaison entre la piste et la nouvelle aire de stationnement (L = 245 m, l = 25 m).

1.6 Normes à respecter

Dans le cadre de l'étude des infrastructures projetées, nous avons tenu compte des règles techniques de conception et de calcul conformément aux normes internationales imposées par l'OACI ainsi que celles utilisées par l'administration Algérienne concernée, à savoir:

- le respect des pentes longitudinales et transversales,
- l'aménagement d'accotement,
- l'aménagement de bandes de pistes,
- l'aménagement de prolongements occasionnellement roulables (POR) pour la piste principale,
- le raccordement entre bretelles et pistes par des courbes ou congés de raccordement,
- les distances entre changement de pentes.

2. ETUDE PRELIMINAIRE

2.1 Caractéristique de l'aérodrome

2.1.1 Classe

On classe les aérodromes selon la fonction prévue pour celui-ci et selon les besoins à satisfaire. Pour cela, on définit les caractéristiques dimensionnelles principales en se référant à la longueur de base. La classification des aérodromes s'établit selon les critères suivants:

- nature du trafic assuré
- infrastructures projetées
- aides à la navigation et service au sol
- services prévus dans l'intérêt de la sécurité aéronautique.

Cette classification peut-être modifiée si les améliorations techniques apportées justifient un changement de classe.

En fonction des divers paramètres énumérés ci-dessus, l'aérodrome de Biskra est considéré de classe A.

2.1.2 Trafic

Pour une étude complète d'un aérodrome, le trafic constitue un élément de base. Ainsi sur la période s'étalant de 1983 à 1992 le trafic se répartit comme suit:

- B 707.320.B : 360 rotations
- B 727 ADV.200 : 1100 rotations
- B 737-200 : 11200 rotations

1 rotation = 1 atterrissage + 1 décollage.

2.2 Météorologie de l'aérodrome

Le recueil de données climatologiques édité par l'ENEMA fournit l'essentiel des renseignements traditionnels en matière de données météorologiques utilisés dans cette étude.

2.2.1 Température de référence

Elle découle de l'ancienne méthode de calcul préconisée par l'OACI et qui s'énonce comme suit:

$$T_{\text{ref}} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{3}$$

avec T_1 température moyenne du mois le plus chaud

T_2 température maximale moyenne du mois le plus chaud

Pour la région de Biskra, la température de référence est 35°C avec $T_1 = 32,9^{\circ}\text{C}$ et $T_2 = 39,2^{\circ}\text{C}$.

2.2.2. Pluviométrie

La hauteur moyenne de précipitation est de 183 mm, c'est une valeur faible qui explique la grande aridité des paysages environnants.

2.2.3. Gel

Les statistiques de l'ENEMA nous indiquent que le nombre moyen de jours où les minimas de température ont été inférieur ou égal à zéro degré est inférieur à un jour. On en déduit que l'indice de gel, paramètre d'une étude de tenu d'une chaussée au gel, est voisin de zéro. Le problème de gel ne se pose donc pas à Biskra.

2.2.4. Altitude-Pression

La pression moyenne rapportée au niveau de la mer est de 1015,8 millibars. Elle est constamment supérieure à 1013 millibars tout le long de l'année. Cette remarque est caractéristique d'une région anti-cyclonique.

L'altitude-pression du terrain d'aviation de Biskra calculée à partir de cette valeur moyenne au niveau de la mer et à partir d'un gradient de pression d'un millibar tous les 8,5 m serait celle d'un terrain situé à 65 m d'altitude.

2.2.5. Vents

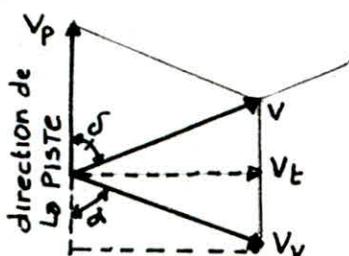
Les deux paramètres qui déterminent les variations atmosphériques sont la force et la direction des vents. Leur prise en considération est primordiale dans la détermination de l'orientation de la piste.

2.3 Choix de l'orientation de la piste

2.3.1. Vents traversiers

Le vent traversier est la composante du vent perpendiculairement à la piste. L'atterrissage par vent de travers est une opération assez délicate, dépendant des caractéristiques et des performances de l'avion.

Pour chaque classe d'aérodrome, on adopte une force de vent traversier admissible exprimée en mètres par seconde (m/s) sous la forme:



$$V_t = V_v \cdot \sin u$$

u fonction du poids de l'avion
(plus le poids de l'avion est important plus u est élevé)

V_p : Vitesse propre de l'avion

V_v : Vitesse du vent

V : Direction d'envol

V_t : Vent traversier

2.3.2. Choix de la valeur admissible de la composante transversale du vent

Rappelons que les recommandations de l'O.A.C.I. précisent que la valeur maximale admissible de la composante transversale du vent doit être de (20 kT), soit (10 m/s) pour les avions exigeant une piste dont la lettre d'identification est A ou B ce qui est le cas à "BISKRA".
Toute fois, dans le cas où le coefficient de frottement longitudinal serait insuffisant, cette valeur est ramenée à (13 kT).

Les conditions météorologiques sur l'aéroport de "BISKRA" susceptibles d'altérer le coefficient de frottement, se résume à la pluie au demeurant peu fréquente. Le verglas et la neige sont des phénomènes trop rares pour en tenir compte dans le calcul. Nous retenons donc la valeur maximale admissible de la composante transversale du vent (20 kT) soit (10 m/s) toutes conditions d'état de pistes confondues.

2.3.3 Répartition des vitesses du vent

a/ Tableau de mesures

Le tableau 2.1 nous donne les différentes vitesses de vent comprises entre 29 et 5 m/s, prises suivant 16 directions avec un nombre d'observations de 6746.

Il rend compte pour chaque direction du nombre de cas où la vitesse est supérieure à une valeur de référence.
On remarque que le nombre de cas où la vitesse est supérieure ou égale à 5 m/s est égal à 1233, donc le nombre de cas où la vitesse est inférieure à 5m/s est de 5513

b/ Coefficient d'utilisation

Le coefficient d'utilisation est calculé en fonction du nombre total d'observation N ainsi que le nombre d'observation admissible N₂ par la relation:

$$CU = 100 \times \frac{N - N_2}{N}$$

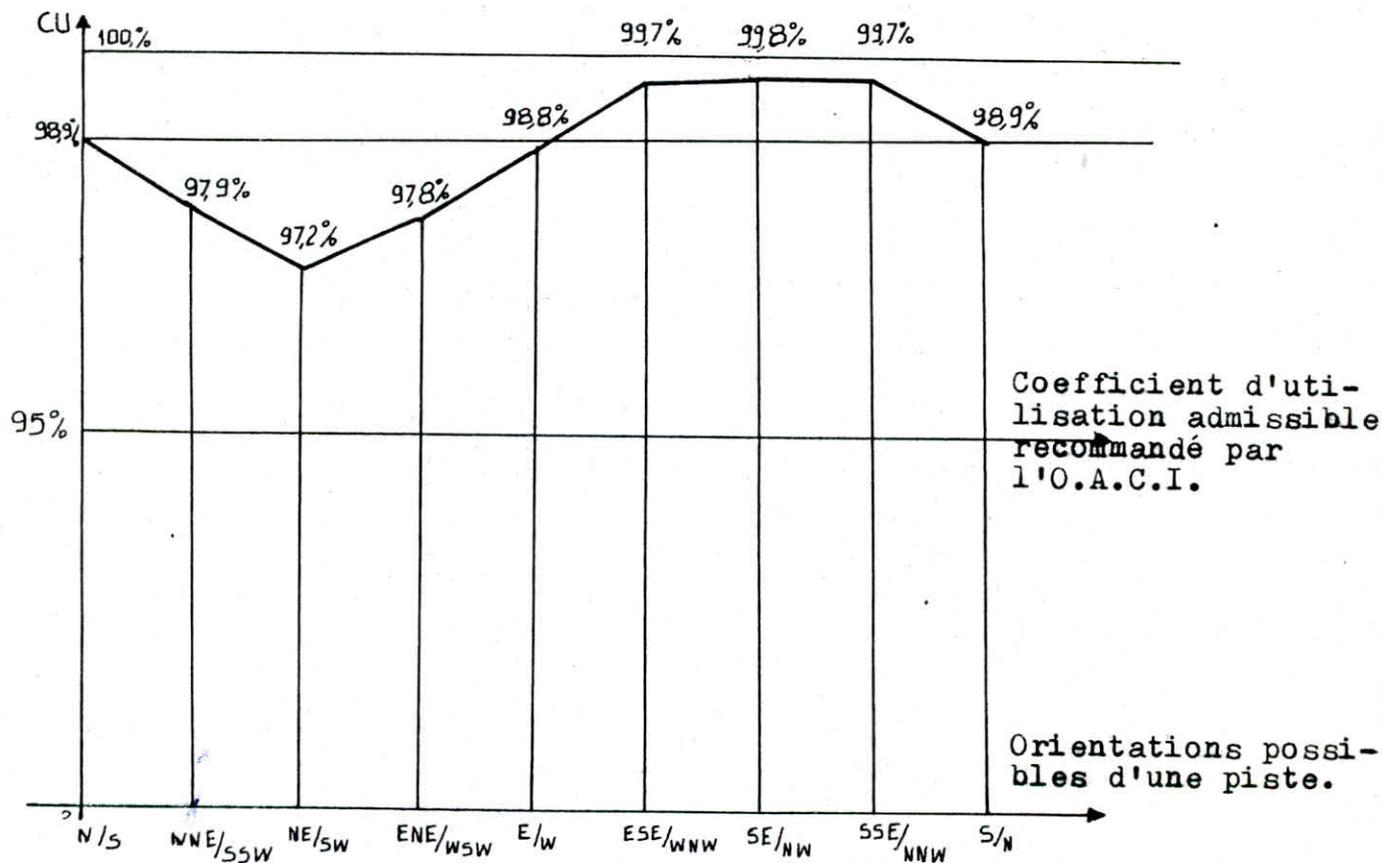
Vm/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	V m/s
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29
28	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	28
27	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	27
26	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	26
25	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	25
24	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	24
23	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	23
22	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	4	22
21	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	21
20	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	3	-	9	20
19	1	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	6	-	13	19
18	1	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	2	13	-	21	18
17	1	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	2	18	2	28	17
16	3	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	1	2	29	2	44	16
15	4	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	1	1	2	35	4	59	15
14	4	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	1	1	7	47	8	83	14
13	5	1	-	-	-	-	20	-	-	-	1	1	1	7	56	10	102	13
12	6	2	-	1	1	1	24	4	1	-	1	1	3	10	71	11	137	12
11	6	3	-	3	1	1	27	5	3	-	1	1	4	11	78	15	159	11
10	6	3	1	7	3	1	41	9	4	1	2	1	5	26	109	24	243	10
9	8	3	2	7	5	2	54	17	5	1	2	1	10	27	133	31	308	9
8	9	3	3	10	7	4	73	19	10	4	3	1	26	38	200	49	459	8
7	9	3	7	11	12	7	105	22	14	4	5	1	35	43	247	58	583	7
6	13	7	9	12	18	10	141	28	18	8	8	2	72	68	334	67	815	6
5	26	14	11	15	32	21	212	70	33	12	13	6	109	101	452	106	1233	5

Tableau 2.1 Répartition du vent

2.3.4. Application au projet

a/ Résultats

Nous avons déterminé le coefficient d'utilisation suivant les 8 directions cardinales classiques et nous les avons reportés sur le graphe suivant:



Il en ressort de celui-ci que toutes les valeurs trouvées sont comprises entre 97 et 100%, ce qui est conforme aux orientations de l'O.A.C.I..

Cependant, si on évalue en nombre de jours où la piste est inutilisable en raison des vents traversiers trop violent, on arrive aux valeurs indiquées dans le tableau suivant:

Directions	N/S	NNE/SSW	NE/SW	ENE/WSW	E/W	ESE/WNW	SE/NW	SSE/NNW
Nombre de jours où la piste est indisponible	4	7,7	10,2	8	4,4	1,1	0,7	1,1

Les résultats montrent que la direction Sud-Est/Nord-Ouest est préférable car elle provoque une indisponibilité de la piste de l'ordre d'une demie-journée par an. C'est aussi la direction des vents de sable dont la répartition est comme suit:

- 38% N-W
- 35% S-E

b/ Conclusion
.....

Les conclusions du paragraphe précédant nous incitent à conserver l'implantation de la piste actuelle, le coût des travaux d'un renforcement de cette piste sera bien plus faible que le coût de construction d'une chaussée par ailleurs.

En conséquence, nous proposons de conserver la piste actuelle 13/31 qui est satisfaisante en orientation.

2.4 Vérification de la longueur de la piste et calcul de pénalisation

Pour le besoin d'une vérification, le calcul de la longueur réelle de la piste nécessaire doit se faire. Il conduit à une comparaison entre la longueur actuelle et la longueur théorique.

Si la longueur actuelle est supérieure à celle calculée, aucune pénalisation ne s'effectue sur le poids des appareils. Mais dans le cas contraire, le calcul de pénalité sur le poids s'impose pour le type d'appareil spécifié par les termes de références.

L'avion type considéré dans notre cas est B727.200.

2.4.1 Méthode de calcul de la longueur de la piste 13/31

Afin de déterminer la longueur L de la piste, il nous faut connaître en premier lieu la longueur de base L_0 de celle-ci ainsi que le coefficient de correction N, la longueur de la piste est égale alors à $L = L_0 \times N$

a/ Longueur de base L_0
.....

C'est la longueur correspondant à une piste horizontale située au niveau de la mer en atmosphère standart ($T=15^\circ C$, $P=1013,2$ mb)

Pour une piste de classe A, $L_0 = 2500$ m.

b/ Coefficient de correction N
.....

La longueur réelle d'une piste est obtenue en multipliant sa longueur de base par un coefficient forfaitaire de correction (N) qui tient compte de l'altitude (coefficient n_1), de la

température (coefficient n_2) et de la pente de la piste (coefficient n_3)

$$N = \left(1 + \frac{n_1}{100} \right) \left(1 + \frac{n_2}{100} \right) \left(1 + \frac{n_3}{100} \right)$$

2.4.2. Corrections

a/ Correction d'altitude (n_1)

.....

$n_1 = \frac{7h}{300}$ h: altitude au dessus du niveau de la mer exprimée du point moyen de l'aérodrome

$n_1 = \frac{7 \times 65}{300} = 1,517\%$

b/ Correction de la température (n_2)

.....

$n_2 = T - t$

T: étant la température moyenne diurne du mois le plus chaud de l'année. Les statistiques météorologiques ne fournissant pas directement la température moyenne diurne, on remplace T par la température de référence.

t: La température de l'atmosphère standart ou atmosphère type est de 15°C au niveau de la mer et diminue ensuite de 0°,0065 par mètre d'altitude jusqu'a 11000 mètres pour rester ensuite constante et égale à -56°,5 au dessus de cette altitude.

$$t = 15^\circ - 0^\circ,0065 \times h$$

$n_2 = 35 - (15 - 0,006565) = 20,423\%$

c/ Correction de pente (n_3)

.....

Elle est définie par les regles françaises:

$P \leq 1\% \implies n_3 = 3,5 P$

$P > 1\% \implies n_3 = 5 P - 1,5$

P: La valeur absolue de la pente moyenne de la piste exprimée en % et calculée en divisant la différence d'altitude entre les deux extrémités de la piste par sa longueur.

Seuil 13	\longrightarrow	Z = 88,42 m
Seuil 31	\longrightarrow	Z = 73,92 m

$$P = \frac{88,42 - 73,92}{2900} = 0,5\% < 1\%$$

$$\text{Donc } n_3 = 3,5 \times 0,5\% = 1,75\%$$

2.4.3 Limitation d'emploi des corrections forfaitaires

Néanmoins, les coefficients de corrections déterminés précédemment ne sont valables que lorsque la correction cumulée d'altitude et de température ne dépasse pas 3,5% d'après l'O.A.C.I.

$$\left(1 + \frac{n_1}{100}\right) \left(1 + \frac{n_2}{100}\right) \leq 1,35$$

Dans notre cas, on a :

$$\left(1 + \frac{1,517}{100}\right) \left(1 + \frac{20,423}{100}\right) = 1,22$$

qui est inférieur à 1,35.

2.4.4 Longueur de la piste et calcul de pénalisation

a/ Calcul du coefficient de correction N

$$N = \left(1 + \frac{1,517}{100}\right) \left(1 + \frac{20,423}{100}\right) \left(1 + \frac{1,75}{100}\right) = 1,24$$

b/ Calcul de la longueur de la piste

$$L = 2500 \times 1,24 = 3100 \text{ m}$$

c/ Calcul de pénalisation.

Les valeurs des pénalités seront lues sur les monogrammes du manuel d'aérodromes (DOC.7920 AN/865 1^{ère} partie).

Type d'avion	Poids maxium au décollage	Poids total autorisé au décollage	Pénalisation
B.707320C	151,5 t	150 t	1,5
B.727 ADV 200	84,0 t	80,5 t	3,5
B.737.200	52,44 t	48 t	4,4

3. AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES DE LA PISTE.

Afin d'assurer en toute sécurité l'utilisation de la chaussée par les aéronefs, il est nécessaire de concevoir:

- Des raquettes de manoeuvre
- Des congés de raccordement
- Des accotements
- Des bandes de piste
- Un mode de stationnement

3.1 Raquettes de manoeuvre

3.1.1 Définition et perspective

Elles sont conçues pour permettre le demi-tour des avions et pour réduire au minimum leur circulation au sol.

Dans notre cas, il a été prévue deux raquettes de manoeuvre aux extrémités de la piste, respectivement au seuil 13 et au seuil 31.

Nous nous sommes intéressé à des fins de calcul simplement à vérifier l'emplacement d'une raquette intermédiaire.

3.1.2 Calcul d'emplacement d'une raquette intermédiaire

La distance L entre le toucher des roues et l'emplacement idéal est fonction de la vitesse de décollage au toucher des roues (V), la vitesse initiale à la sortie de la piste (V_0) ainsi que l'accélération (a) tel que:

$$L = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$$

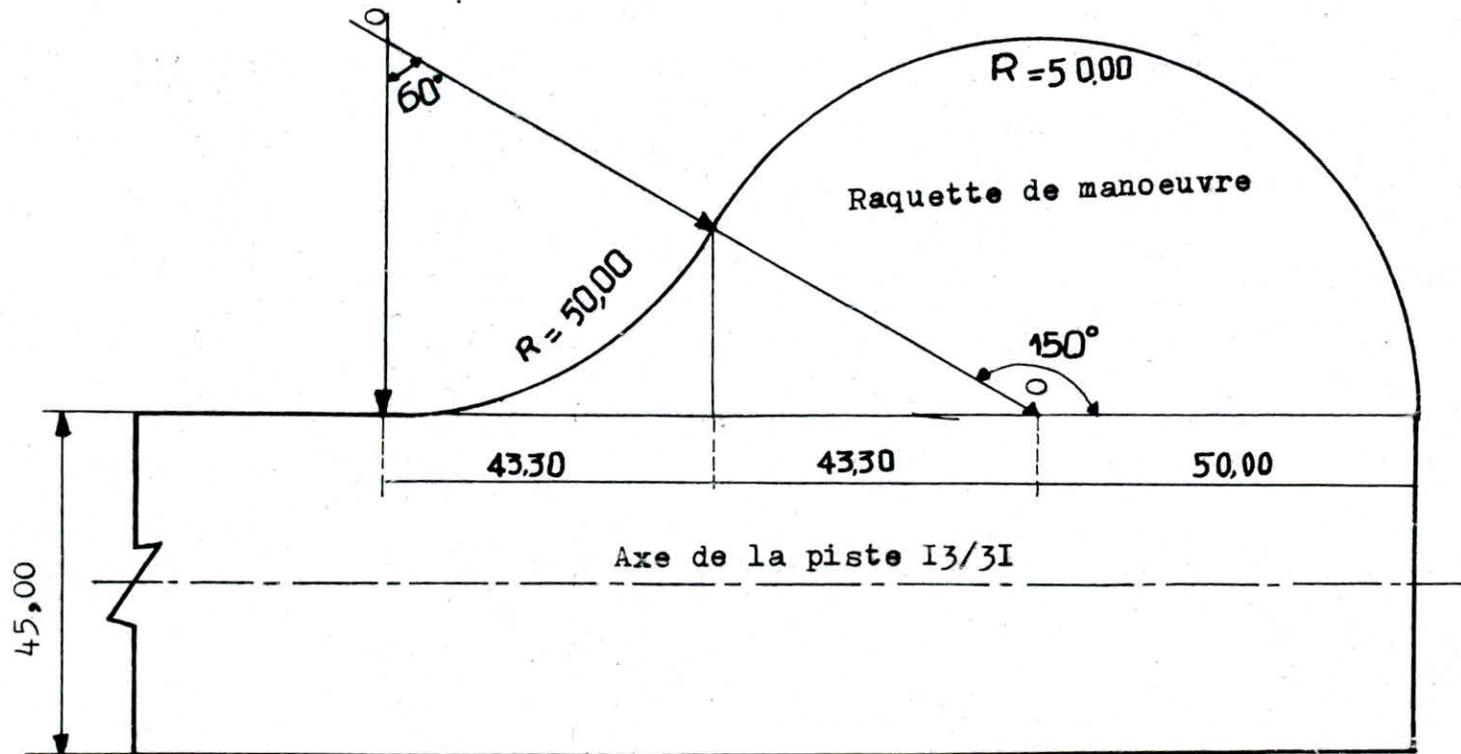
Pour un B 727, on a $V = 250$ Km/h, $V_0 = 20$ Km/h et $a = 1,1$ m/s² et donc $L = 2178,03$ m.

D'après l'OACI, il convient d'augmenter cette distance de:

- a) 3% par tranche de 300 m d'altitude
- b) 1% par tranche de 5,6°C au delà d'une température de 15°C au niveau de la mer
- c) 450 m comme longueur traduisant la distance entre le seuil de la piste et le toucher des roues.

L'application de ces paramètres nous donne une longueur L corrigée égale à 2720,48 m.

Détail de la raquette de manoeuvre



Echelle 1/1000

Il nous apparait clairement que l'emplacement d'une raquette intermédiaire à environ 180 m du seuil 31, est inutile dans la mesure où une raquette est prévue au niveau même du seuil.

3.2 Congés de raccordement

3.2.1 Définition

Aux jonctions et intersections de la bretelle avec la piste 13/31 ou avec l'aire de stationnement, on doit aménager des congés de raccordement, conçus de manière à ce que les marges entre les roues de l'atterrisseur le plus proche du bord de la chaussée et ce dernier soient au moins égales à 4,5 m en catégorie "A".

Pour le calcul nous appliquons la méthode " Arc-tangente"; pour le cas: jonction bretelle-piste 13/31.

3.2.2 Exposé de la méthode Arc-tangente

a) Détermination du rayon du congé de raccordement (r)

$$r = R - \left(\lambda_{\max} + M + \frac{T}{2} \right)$$

R = rayon de courbure de l'axe de la bretelle pris sur l'axe de la ligne de guidage

λ_{\max} = départ maximal du train principal au cours de changement de direction

M = marge minimale de sécurité

T = voie du train principal

La valeur maximale du départ du train principal λ_{\max} dépend de la longueur de référence de l'aéronef d, du rayon de courbure de la bretelle R et de l'importance du changement de direction.

b) Détermination de la longueur du raccord en sifflet

Le congé de raccordement cesse d'être nécessaire dès que le départ du train principal devient inférieur au départ maximal admissible sans congé de raccordement

$$d = \frac{X}{2} - \left(M + \frac{T}{2} \right)$$

X = largeur de la bretelle

Cette valeur résiduelle du départ du train principal en fin de virage est atteinte lorsque le point de référence de l'aéronef a parcouru en ligne droite une distance F donnée par l'équation:

$$\log \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \log \operatorname{tg} \frac{\beta_{\max}}{2} - \frac{F}{d}$$

La longueur du raccord en sifflet est donc égale à $L = F - d$

On note que:

β = angle de guidage résiduel correspondant à:
 β_{\max} = valeur maximale de l'angle de guidage au cours
du changement de direction, cette valeur est atteinte quand
 $\lambda = \lambda_{\max}$.

Toutes ces valeurs sont données par des abaques (OACI 2^{ème} partie).

Il convient de s'assurer que cette valeur β_{\max} ne dépasse pas les limites normales de braquage de la roue avant des types d'aéronefs appelés à utiliser l'aérodrome. Si tel était le cas, il faudrait augmenter le rayon de courbure de la ligne de guidage.

c) Tracé des congés de raccordement

Le congé de raccordement désiré s'obtient comme suit:

- On trace un arc de cercle de rayon r concentrique à celui de l'axe de la bretelle
- on repère sur le bord intérieur de la bretelle les points Q_1 et Q_2 situés à la distance L de la partie courbe de la ligne de guidage,
- à partir des points obtenus, on mène les tangentes à l'arc de rayon r .

3.2.3 Application de la méthode au projet

Avant d'entamer l'application de cette méthode, il est à noter que l'avion type qui sera utilisé pour le calcul des congés de raccordement est le Boeing 747 et ceci pour ses caractéristiques dimensionnelles. Le Boeing 747 présente le cas le plus défavorable par rapport au B.727. Cela peut-être confirmé par le tableau suivant donnant les dimensions des deux aéronefs:

AERONEFS	B.747	B.727
PARAMETRES		
Longueurs de référence (d) de l'avion en (m)	27,70	19,28
Voie du train principal de l'avion T (m)	12,80	5,72

a) Données

- . Changement de la direction de la bretelle égal à 90°
- . Rayon de courbure de l'axe de la bretelle, $R = 62,50$ m
- . Largeur de la bretelle, $X = 25$ m
- . Longueur de référence de l'aéronef, $d = 27,70$ m
- . Voie du train principal, $T = 12,80$ m
- . Marge de sécurité, $M = 4,50$ m

b) Application

. Départ intérieur maximal (abaque A_{14}) pour $R/d = 2,26$ nous donne $\lambda_{\max} = 21,75\%$ d $\lambda_{\max} = 6,025$ m

. Rayon de congé de raccordement
 $r = 46$ m

. Le départ maximal sans congé de raccordement
 $\lambda = 1,60$ m

+ Référence abaque A_{15} pour $\lambda = 1,60$ m correspond à un angle de guidage $\beta_1 = 3,4^\circ$

+ Référence abaque A_{16} pour qu'il nous donne l'angle de guidage à la fin du virage en fonction ($90^\circ; R/d$), on obtient un angle $\beta_2 = 25,70^\circ$.

+ Référence abaque A_{17} , on transforme ces valeurs d'angles de guidage en valeurs de déplacement le long de l'axe rectiligne

$$\beta_1 = 3,4^\circ \quad L_1 = 2,99 \times 27,70 = 82,823 \text{ m}$$

$$\beta_2 = 25,70^\circ \quad L_2 = 26,50 \text{ m}$$

$L_3 = F$ correspond à la distance que doit parcourir le point de référence pour ramener l'angle de β_2 à β_1

$$F = L_3 = L_1 - L_2 = 56,323 \text{ m}$$

. La longueur du raccord en sifflet
 $l = F - d = 28,623$ m 29 m

c) Tracé des congés de raccordement

- Tracer un arc de centre O (centre de la courbure de la bretelle) et de rayon $r = 46$ m

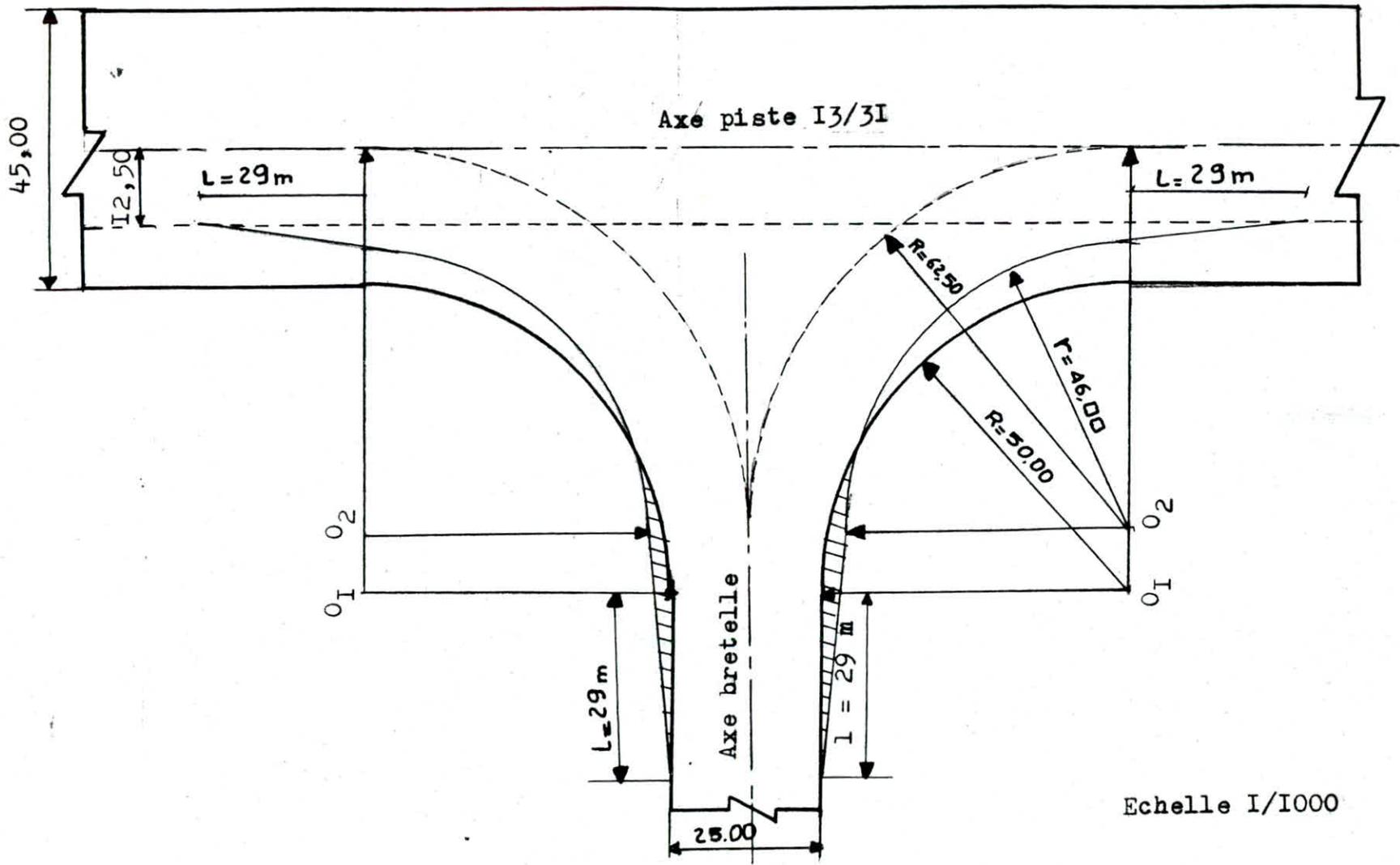
- Marquer les points à une distance de 29 m au delà de l'extrémité de la courbure sur le bord intérieur de la bretelle

- Tracer à partir de ces points des tangentes à l'arc

3.2.4. Conclusion

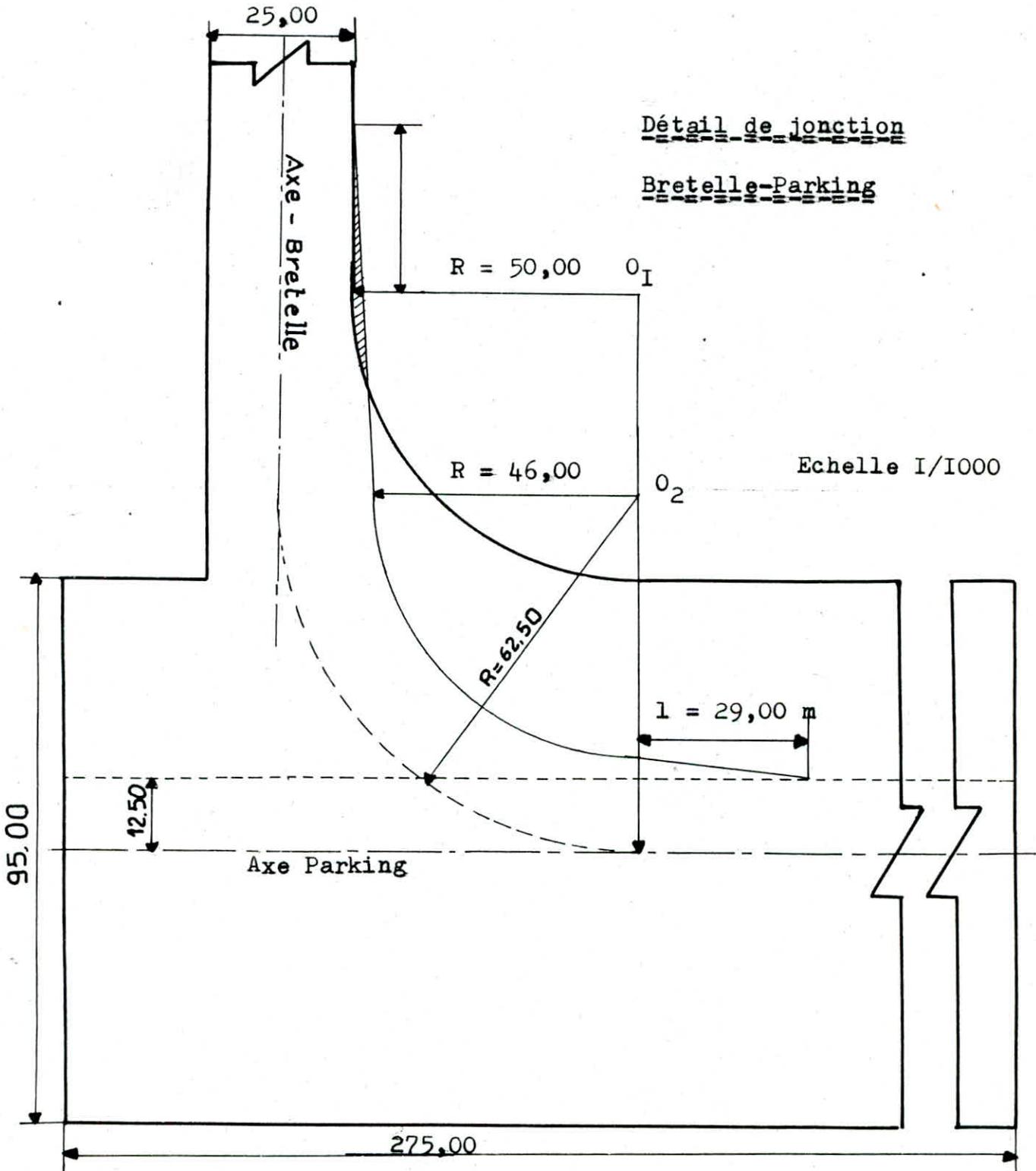
Après avoir calculé et tracé le congé de raccordement, il nous est apparu qu'il n'est pas nécessaire d'aménager le congé de raccordement dans le cas de liaison piste 13/31-Bretelle, ceci est dû à la largeur de la piste; si on considère une demi-largeur de 12,5 m à partir de l'axe de la piste et on trace le congé de raccordement, nous remarquons que celui-ci est presque en totalité à l'intérieur du congé engendré par la courbe de rayon ($R = 50$ m)

Détail de jonction Piste I3/3I-Bretelle



Détail de jonction

Bretelle-Parking



La partie hachurée montre une surface qui (normalement doit exister) fait 2 m de largeur au maximum, or dans nos calcul on a pris une marge de sécurité de 4,5 m. Ainsi, si on est dans le cas de cette jonction et si au cours du virage le poste de pilotage de l'aéronef ne demeure pas à la verticale de l'axe d'intersection et le pneu dérive (glissement latéral), il y'a toujours une marge sécuritaire en sus de celle qui est prise pour le calcul de congé de raccordement. Voir détail jonction Piste 13/31-Bretelle.

3.3 Caractéristiques géométriques des accotements, bandes et pistes

3.3.1. Accotements

Pour protéger les réacteurs contre l'ingestion de gravillons due au départ de l'état de surface (désenrobage par exemple) et pour éviter la détérioration des lampes formant le balisage des bords de piste par le souffle des réacteurs, il est nécessaire de concevoir des accotements de piste. Les accotements s'étendent symétriquement de part et d'autre de la piste.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des accotements de piste telles que les préconise l'OACI.

Caractéristiques géométriques des accotements	Largeur	Profil en long	Profil en travers
Piste de classe A	7,5 m	Identique à la piste	2,5%

3.3.2. Bandes

Une bande est une aire rectangulaire définie comme encadrant la piste et 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 et d'atterrissage.

Le tableau suivant donne les caractéristiques des bandes de piste telles que **les préconisent l'O.A.C.I.**

Caractéristiques géométriques de la bande de piste	Largeur bande aménagée (m)	Profil en long des abords	Profil en travers abords
Piste de classe A	150	Identiques à la piste	2,5%

3.3.3 Pistes

Le tableau des caractéristiques de la piste préconisées par l'OACI est donné ci-dessous:

Caractéristiques géométriques de la piste		Piste de classe A
Longueur de base	Longueur minimale	2500 m
	Longueur maximale	3800 m
Profil en long	Pente moyenne maximale	1%
	Pente maximale en chaque part	1,25%
	Changement de pente maximum	1,50%
	Rayon de courbure minimal	20.000m
	Rayon de courbure conseillé	30.000m
	Rayon de courbure optimal	50.000m
Profil en travers	Pente normale	1,5%
	Pente minimale admissible pour un revêtement bétonné ou non	1%
Largeur de piste (m)		45

a) Profil en long

Le profil en long de la piste 13/31 présente les caractéristiques ci-dessous:

Pente longitudinale moyenne.

$$\frac{88,22 - 74,45}{2900} = 0,47 < 1\%$$

Pente maximale en chaque point.

Voir profil en long de la piste

Distance entre changement de pente

La vérification de la distance entre changement de pente nous donne les résultats suivants:

Points d'inter-section	X%	Y%	Z%	D (m)	L (m)
P 625,91 P 1235,96	0,4386	0,3730	0,650	102,78	610,05
P 1235,96 P 1449,67	0,3730	0,6500	0,4205	151,95	213,06
P 1449,67 P 1726,36	0,6500	0,4205	0,6500	137,7	276,69
P 1726,36 P 1844,56	0,4205	0,6500	0,5194	108,03	118,20
P 1844,56 P 2308,48	0,6500	0,5194	0,5227	40,17	463,92

On observe bien que la distance L entre les points d'intersection des tangentes est nettement supérieure au produit de la somme des valeurs absolues des changements de pente correspondant à 30.000 m soit:

$$D = (Y - X + Y - Z) \cdot R; R = 30.000 M.$$

b) Profil en travers
.....

Le profil en travers type est généralement constitué par une chaussée, deux accotements, deux bandes latérales, deux talus (soit en remblais, ou en déblais) et un corps de chaussée qui est déterminé lors du dimensionnement par la méthode C.B.R.

Dans notre cas trois profils en travers types concernant piste, bretelle et parking ont été retenus pour chaque structure (souple, rigide) conformément aux normes de l'OACI vu leurs pentes transversales.

3.3.4. Conclusion

Concernant le tracé de la ligne rouge de cette piste 13/31, nous avons tenu compte de l'équilibre de mouvement de terre qui nous dicte d'éviter les grands déblais et remblais.

On note que cette dernière représente la ligne de la chaussée finie. Enfin, nous rappelons qu'à la qualité des matériaux rencontrés sur le terrain où doit être réalisée cette piste, nous avons positionné sur la ligne rouge comme telle (voir profil en long) par mesure de prudence de ne pas entrer en déblais, chose déconseillée pour les régions du sud, en vue d'une meilleure économie, mais aussi en raison de la rareté même de bancs d'agrégats utilisables pour la réalisation des couches de fondation.

3.4 Aire de stationnement et ses accès

Il s'agit d'imaginer le tracé des voies de circulation, l'emplacement et l'organisation de l'aire de stationnement avions.

L'introduction à ce chapitre a précisé l'esprit de cette étude: Adapter l'infrastructure aux besoins à court terme, sans mettre en péril l'expansion future de l'aéroport, mais sans construire une infrastructure qui serait trop en avance sur le trafic.

3.4.1 Approche de l'organisation du schéma directeur d'aménagement

L'étude de trafic nous indique qu'à court-terme, une ou deux arrivées quotidiennes sur l'aéroport de Biskra est une hypothèse correcte de l'activité de l'aéroport.

C'est une activité modeste qui se satisfait d'une infrastructure réduite: une aire de stationnement pour avions et une bretelle assurant la liaison avec la piste. C'est une solution économique qui **remplira** cependant son rôle à court terme. A long-terme, le nombre d'avions qui viendront à Biskra s'élèvera de 5 à 6 par jour. Ce trafic se satisfait également du schéma directeur qui sera proposé.

3.4.2. Voie de circulation

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des voies de circulation telles que les préconisent l'OACI:

Caractéristiques et dégagement	Piste classe A
Largeur	23 m
Dégagement minimal entre tout point du bord d'une voie de circulation et le bord d'une piste aux instruments	150 m
Dégagement minimal entre tout point d'une voie de circulation et le bord d'une autre voie de circulation, en l'occurrence l'aire de stationnement	62 m

Si on totalise ces diverses données, il apparait que pour aménager la possibilité de construire une voie de circulation parallèle à la piste 13/31, qui soit indépendante de la voie de circulation et de l'aire de stationnement, la distance entre la piste et le bord du parking pris dans son extension à long terme devra être de 235 m. C'est la longueur que nous proposons de retenir pour cette voie de liaison entre la piste 13/31 et l'aire de stationnement des avions.

3.4.3. Positionnement de la bretelle

a) Direction du vent

De manière générale, les vents viennent du NORD-OUEST en hiver, les atterrissages se font sur l'axe 31, et SUD-EST en été, les atterrissages se font sur l'axe 13. La répartition des atterrissages est équitable entre les deux axes. Le critère "direction des vents" ne permet pas de trancher nettement ce choix de positionnement.

b) Topographie de la zone terminale

Le terrain est quasiment plat sur l'ensemble du terrain qui borde la piste. Pour ménager les possibilités d'extension de la zone terminale dans le futur, il importe de construire la première tranche de ces installations là où la profondeur disponible est la plus grande. L'emprise de la zone aéroportuaire est telle qu'elle présente un décrochement entre 1200-1500 m du seuil 13, qui augmente la surface disponible pour la construction de l'aérogare.

La position de la bretelle se déduit de ce choix à 1100 m du seuil 13.

3.4.4. Conséquences sur la conception du plan de masse

La bretelle est excentrée par rapport à la piste; pour compenser cette situation, le parking sera situé d'un seul côté de cette bretelle de manière à se centrer par rapport à la piste. Les installations de la zone terminale, positionnées au milieu de ce parking, se rapprochent du milieu de la piste.

Cette disposition est également souhaitable, dans la mesure où elle permettra de réduire la hauteur de la tour de contrôle.

En effet, la hauteur de la vigie est déterminée de manière à respecter un angle minimum de visée du seuil de piste le plus éloigné de la vigie. En évitant dans la mesure du possible d'excentrer la tour, on réduira la hauteur et donc les coûts de construction.

3.4.5. Conclusion

La bretelle qui va relier la piste à l'aire de stationnement aura une longueur de 245 m. Elle sera située à 1100 m du seuil 13. Cette surlongueur tient compte de l'élargissement futur de 10 m du parking, côté piste.

3.4.6. Aire de stationnement

a) Mode de stationnement

Le mode de stationnement considéré est le stationnement d'aéronefs à manoeuvre autonome c'est-à-dire où l'avion entre et sort par ses propres moyens. Le mode de stationnement choisi pour notre cas est le stationnement " NOSE-OUT " oblique à 45°. Ce mode a été choisi pour notre cas pour les avantages qu'il présente.

b) Avantages et inconvénients

Comme avantages, on notera que:

- l'élan de l'avion et son poids moins élevé permettent d'utiliser moins de puissance, d'où une réduction du bruit et du souffle,
- le bruit de fréquence élevé à l'admission n'est pas dirigé vers le bâtiment,
- la porte arrière destinée aux passagers est à proximité de l'aérogare,
- la surface totale nécessaire sur l'aire de trafic est souvent moindre que pour les deux autres modes (stationnement parallèle et stationnement " NOSE-IN ".

Le principal inconvénient de ce mode (" NOSE-OUT ") est que le souffle au démarrage est dirigé vers les bâtiments.

On note que les autres modes ont été écartés en raison des inconvénients suivants:

- le mode de stationnement "parallèle" exige beaucoup d'espace. Le souffle ainsi que le bruit de fréquence élevée sont dirigés vers les postes de stationnement voisins.

- par contre, le mode de stationnement "NOSE-IN" exige beaucoup de puissance pour virer, d'où un souffle plus puissant dirigé vers les bâtiments et avions voisins. La porte arrière de chargement s'éloigne des bâtiments.

c) Dimensions
.....

La surface totale de l'aire de stationnement devrait être suffisante pour permettre:

- l'acheminement rapide de la circulation d'aérodrome aux périodes de densité maximale prévue

- à placer les avions avec précision les uns par rapport aux autres, suivant les divers types d'appareils attendus et les modes de stationnement.

L'O.A.C.I. et l'annexe I4 recommandent les dimensions suivantes:

	Court terme	Long terme
Dimensions	250 x 95 m	350 x 105 m
Poste de stationnement	2 postes B.737 1 poste B.727 1 poste B.707	3 postes B.737 1 poste B.727 1 poste B.707

Remarque: Les dimensions de l'extension de l'aviation légère sont de 25 x 95 m.

d) Ecrans anti-souffle
.....

Pour compenser le seul inconvénient du mode de stationnement "Nose Out" oblique, des écrans anti-souffle seront disposés sur l'aire de stationnement suivant les indications du plan N° 5.

Chaque écran est constitué d'éléments comprenant chacun un socle en béton armé sur lequel est fixé un panneau grillagé spécial.

C H A P I T R E II

E T U D E G E O T E C H N I Q U E

I. INTRODUCTION

Avant l'implantation de tout ouvrage de génie-civil, il est indispensable de procéder à une reconnaissance des sols sur lesquels on veut édifier.

Cette opération a pour but l'identification des différentes couches de sol liées à l'ouvrage, tant du point de vu de leur nature et géométrie que de leurs propriétés physiques et mécaniques.

Dans le cadre de ce projet, le laboratoire L.N.T.P.B. (unité de Constantine) a été chargé de procéder aux essais géotechniques sur le site de l'aérodrome de Biskra.

Ainsi, huit puits sous chaussée existante (numérotés de P_I à P₈) et sept puits sur le terrain naturel, hors chaussée (classés de A⁸ à G) constituent l'essentiel du programme de sondages réalisés.

II. Sur le terrain naturel (TN)

Sur le terrain naturel sous la chaussée et hors chaussée, les essais proposés sont indiqués ci-dessous sur une profondeur de 2,00 m par couches rencontrées et au minimum tous les 0,50 m:

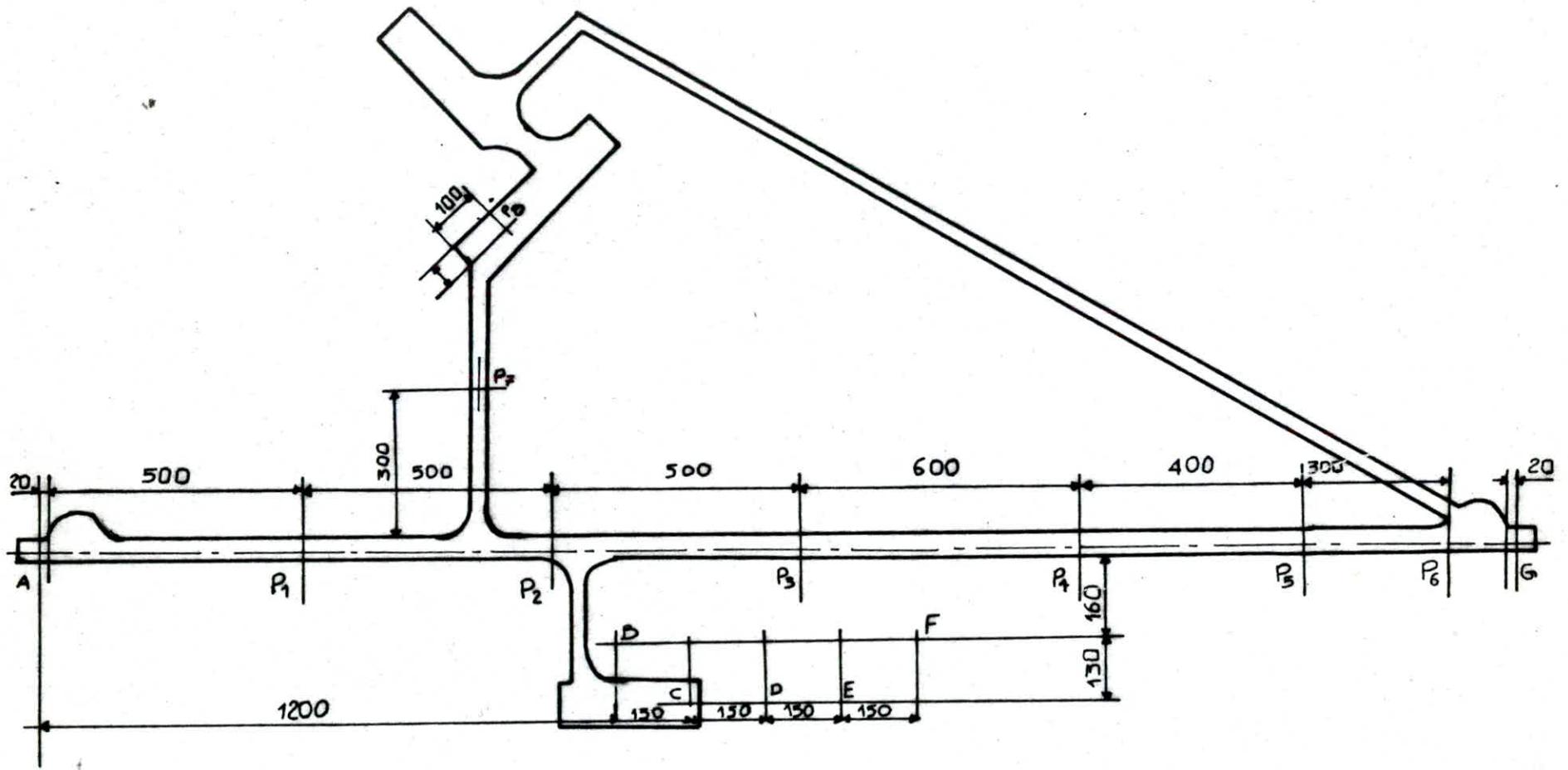
- Granulométrie
- Limite d'Atterberg
- Teneur en eau in situ
- Proctor modifié
- CBR

I.2. Sur la couche de base

Sur la couche de base en tout venant d'oued (T.V.O.), les essais proposés s'établissent comme suit:

- Mesure de l'épaisseur de la couche
- Teneur en eau in situ
- Granulométrie
- Limites d'Atterberg
- Equivalent de sable
- Proctor modifié
- C.B.R.

-0E-



Plan d'implantation des sondages

Echelle $\frac{1}{12500}$

2. PRESENTATION DES ESSAIS REALISES

2.1 Constitution du corps de chaussée existant

La mesure de l'épaisseur du corps de chaussée existant a été réalisée pour un éventuel renforcement.

2.2 Identification et classification du sol

La dénomination géotechnique d'un sol passe par son identification car les règles de classification diffèrent selon qu'il s'agit d'un sol grenu ou un sol fin.

2.2.1 Classification des sols grenus (granulométrie)

Elle est fondée essentiellement sur la courbe granulométrique c'est-à-dire la répartition des particules du sol d'après leur tailles (tableau 2.2.1.)

2.2.2 Classification des sols fins (limites d'Atterberg)

Pour les sols fins, la classification utilise les limites d'Atterberg qui caractérisent la plasticité d'un sol (figure 2.2.2)

2.2.3 Essai d'équivalent de sable

Cet essai donne une indication chiffrée sur les proportions relatives définies par rapport au squelette grenu.

En effet, la présence d'éléments fins affecte énormément le comportement des sols grenus, surtout lorsque la teneur en eau est importante.

2.3 Essai de densité en place

Cet essai est effectué à l'aide d'un densitomètre à membrane exécuté sur plusieurs niveaux.

2.4 Essai de proctor modifié et C.B.R.

2.4.1 Essai de proctor modifié

Le but de l'essai est la détermination de la densité sèche maximale et la teneur en eau optimale correspondante. Ces deux paramètres servent de référence pour le compactage sur chantier où il est recommandé en général une compacité supérieure à:

- 95% de l'optimum de proctor modifié (O.P.M.) pour les couches du corps de chaussée
- 90% de l'O.P.M. pour le sol support.

CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS (plus de 50% des éléments > 0.08 mm)				
Définitions		Symbole	conditions	Appellations
GRAVES	Plus de 50% des éléments > 0.08 mm ont un diamètre > 2 mm	moins de 5% d'éléments < 0.08 mm	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ entre 1 et 3	grave propre bien graduée
		plus de 12% d'éléments < 0.08 mm	une des conditions de Gb non satisfaite	grave propre mal graduée
			Limite d'Atterberg au-dessous de A	grave limoneuse
			Limite d'Atterberg au-dessus de A	grave argileuse
SABLES	Plus de 50% des éléments > 0.08 mm ont un diamètre < 2 mm	moins de 5% d'éléments < 0.08 mm	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ entre 1 et 3	Sable propre bien gradué
		plus de 12% d'éléments < 0.08 mm	une des conditions de S _b non satisfaite	sable propre mal gradué
			Limite d'Atterberg au-dessous de A	Sable limoneux
			Limite d'Atterberg au-dessus de A	sable argileux
5% < % d'éléments inférieur à 0.08 mm < 12% ⇒ double symbole				

Tableau 2.2.1

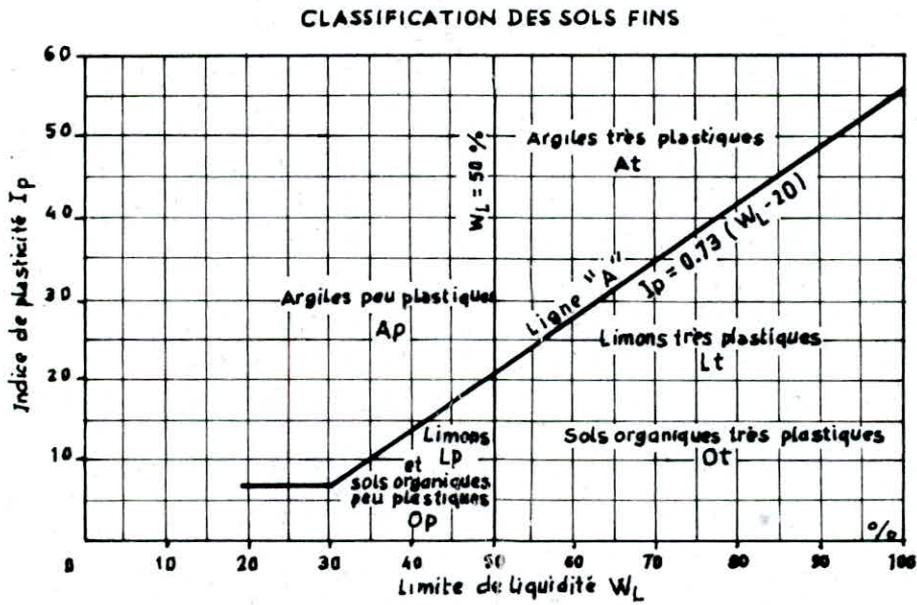


figure 2.2.2

2.4.2. Essai de portance CBR (Californian Bearing Ratio)

L'essai de portance C.B.R. est destiné à apprécier la portance d'un sol, c'est-à-dire son aptitude à supporter, à travers une structure de chaussée dite " souple ", les charges qui sollicitent la chaussée.

2.5 Essai de plaque

Le but de cet essai est de déterminer le module réaction K_0 , ou module de Westergaard, permettant le dimensionnement des chaussées rigides. Cet essai est toujours pratiqué in situ.

Le tableau 2.5.I représente les corrélations entre le C.B.R. et le module K_0 de Westergaard. IL sera utilisé par la suite pour le dimensionnement de la chaussée rigide.

Catégorie de résistance du sol support	Caractéristiques du sol support suivant le type de chaussée	
	Souple C.B.R.	Rigide (K_0 MN/m ³)
Elevée	$CBR > 13$	$K_0 > 120$
Moyenne	$8 < CBR \leq 13$	$60 < K_0 \leq 120$
Faible	$4 < CBR \leq 8$	$25 < K_0 \leq 60$
Ultra faible	$CBR \leq 4$	$K_0 \leq 25$

Tableau 2.5.I

3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1 Constitution du corps de chaussée existant.

Le tableau 3.1.1 donne les différentes couches rencontrées et leurs épaisseurs respectives pour les huit puits sous chaussée existante.

N° Sondage	PI	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Epaisseur de la couche d'enrobés	5	4	4	5	4	5	4	4
Epaisseur de la sous-couche en grave concassée (macadam)	5	6	3	0	0	0	3	3
Epaisseur de la couche en T.V.O.	16	22	20	50	53	50	30	50

Tableau 3.1.1

Le corps de chaussée est constitué d'une couche d'enrobés d'environ 4 cm, d'une sous-couche en grave concassée et d'une couche en T.V.O. formant la couche de base et de fondation.

L'évaluation de la chaussée existante concernant sa constitution dans l'entreprise de l'ouvrage sera consignée dans le tableau suivant:

Piste I3/3I	Structure	Epaisseur réelle (cm)
0 - I700	Enrobé	4
	Macadam	6
	T.V.O.	20
I700 - 2900	Enrobé	4
	T.V.O.	50

Tableau 3.1.2

3.2 Identification et classification du sol

Les principaux paramètres d'identification et leurs valeurs respectives pour chaque sondage sont regroupés dans les tableaux 3.2.1, 3.2.2 et 3.2.3

N° Sondage	% éléments Inf à 2 mm	% éléments Inf à 0,4 mm	% éléments Inf à 0,08 mm	W _L	I _p	Classe
A	-	99,50	97,10	35,0	14,4	A _p
P1	-	98,40	92,60	38,0	19,8	A _p
P2	-	98,38	92,98	41,0	19,68	A _p
P3	99,8	99,80	97,80	40,0	20,19	A _p
P4	-	99,20	78,00	24,0	14,81	A _p
P5	-	97,20	73,60	25,0	14,23	A _p
P6	-	98,20	79,40	27,0	12,15	A _p
P7	-	98,95	89,10	40,0	21,91	A _p
P8	-	99,00	90,80	37,5	18,80	A _p
G 1 ^{ère} couche	99,5	96,80	88,40	30,0	15,96	A _p
2 ^{ème} couche	99,46	96,66	59,16	33,0	20,81	A _p

Tableau 3.2.1 : Sondage sous chaussée (Piste I3/3I; bretelle; parking)

N° Sondage	A	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	1 ^{ère} G	2 ^{ème}
E.S. (TVO)	29	22	24	23	17	20	16	27	15	26	12,2

Tableau 3.2.2 : Equivalent de sable du T.V.O. au droit de chaque sondage

N° Son- dage	% éléments Inf à 2 mm	% éléments Inf à 0,4 mm	% éléments Inf à 0,08 mm	W _l	I _p	ES	Classe
B	-	99,78	94,40	31,00	14,77	-	A _p
C	-	99,60	89,40	23,50	23,50	-	A _p
D	-	99,59	93,22	39,50	22,49	-	A _p
E	-	99,30	74,70	31,00	16,26	-	A _p
F	-	99,20	70,20	20,00	9,64	-	A _p
TVO	30,71	18,19	1,09	-	-	26	G _m

Tableau 3.2.3 : Sondage hors chaussée (TN)

3.2.1. Terrain naturel (TN)

Suivant le diagramme de plasticité de casagrande (figure 3.2.2.), le matériau constituant le terrain naturel est de l'argile peu plastique (AP). Cela est dû au fait que le pourcentage des fines (inférieures à 0,08 mm) est supérieur à 50% et que les limites de liquidité sont supérieures à 50%.

a/ Sous-chaussée

Le pourcentage des fines (inférieures à 0,08 mm) est compris entre 59 et 98% et les limites de liquidité varient entre 24 et 41%, tout en notant que les plus fortes valeurs sont rencontrées aux sondages P₂, P₃ et P₇ (tableau 3.2.1.).

b/ Hors chaussée

Le pourcentage des fines est compris entre 70 et 95% et les limites de liquidité varient entre 20 et 39,5%, tout en notant que la plus forte valeur est rencontrée au sondage D.

c/ Conclusion

D'après les essais d'identification, la mauvaise qualité du terrain naturel (A_p) est à noter.

3.2.2. Tout venant d'oued (TVO)

D'après la classification LPC (tableau 2.2.1) des sols grenus plus de 50% des éléments sont supérieurs à 0,08 mm), le TVO utilisé est de la grave propre mal graduée (Gm).

Le pourcentage défini est très faible (% élément inférieur à 0,08 mm) est égal à 1,09% et les équivalent de sable correspondant varient entre 15 et 27. A partir de ces valeurs et conformément à la procédure de l'essai équivalent de sable, on peut donner à ce type de matériau la dénomination de sol peu plastique; malgré leur faible pourcentage, les fines affectent le comportement de cette grave mal graduée. (tableau 2.2.1).

3.2.3 Représentation graphique

Pour la représentation graphique des courbes granulométriques, les différents sondages ont été regroupés en fonction de leur allure

Sondages identiques	Allures des courbes présentées
P ₁ , P ₂ , P ₃ , P ₇ , P ₈	P ₁
P ₄ , P ₅ , P ₆	P ₅
A, B, C, D	C
E, F	F
G ₁	G ₁
G ₂	G ₂
T.V.O.	T.V.O.

Différentes allures des courbes granulométriques et sondages identiques.

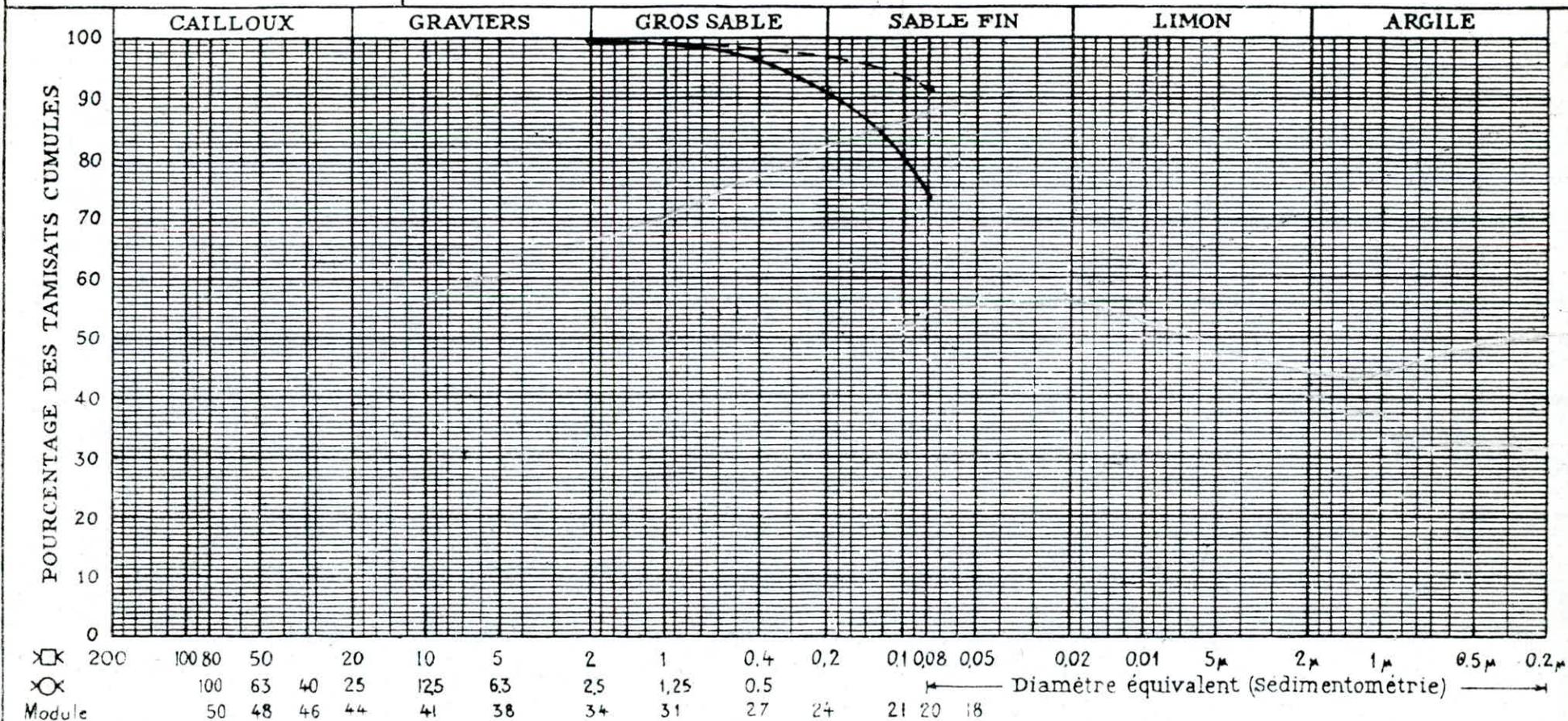


SONATRO

Désignation des échantillons { N° SONDAGE : P₅
 N° _____
 N° SONDAGE : P₁

DOSSIER :

S. 6 ET S. 7 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	%	S. 8 LIMITES D'ATTERBERG			S. 20 E. S.
		< 80 µm	L. L.	I. P.		L. R.
Ech. P ₅	73.60	25	14.23	-	-
Ech. _____					
Ech. P ₁	92.60	38	19.80	-	-

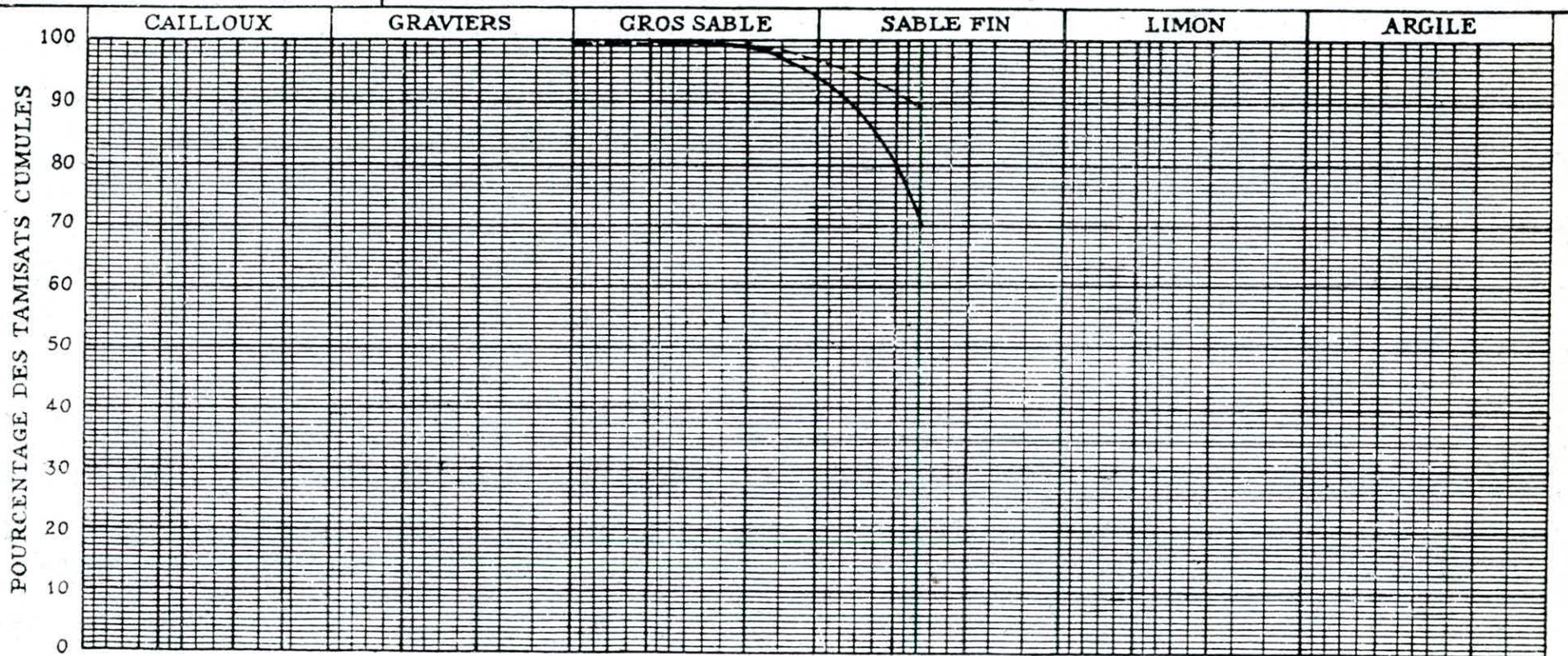


SONATRO

Désignation des échantillons } N° SONDAGE : F T.N
 } N° _____
 } N° SONDAGE : C T.N

DOSSIER :

S. 6 ET S. 7 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE



⊗	200	100	80	50	20	10	5	2	1	0.4	0.2	0.1	0.08	0.05	0.02	0.01	5 μ	2 μ	1 μ	0.5 μ	0.2 μ
⊙		100	63	40	25	12.5	6.3	2.5	1.25	0.5											
Module		50	48	46	44	41	38	34	31	27	24	21	20	18	Diamètre équivalent (Sedimentométrie)						

	%	S. 8			S. 2C
		LIMITES D'ATTERBERG			
	< 80 μ	L.L.	I.P.	L.R.	E.S.
Ech. F	70.20	20	9.64		
Ech. _____					
Ech. C	89.4	23.50	23.50		

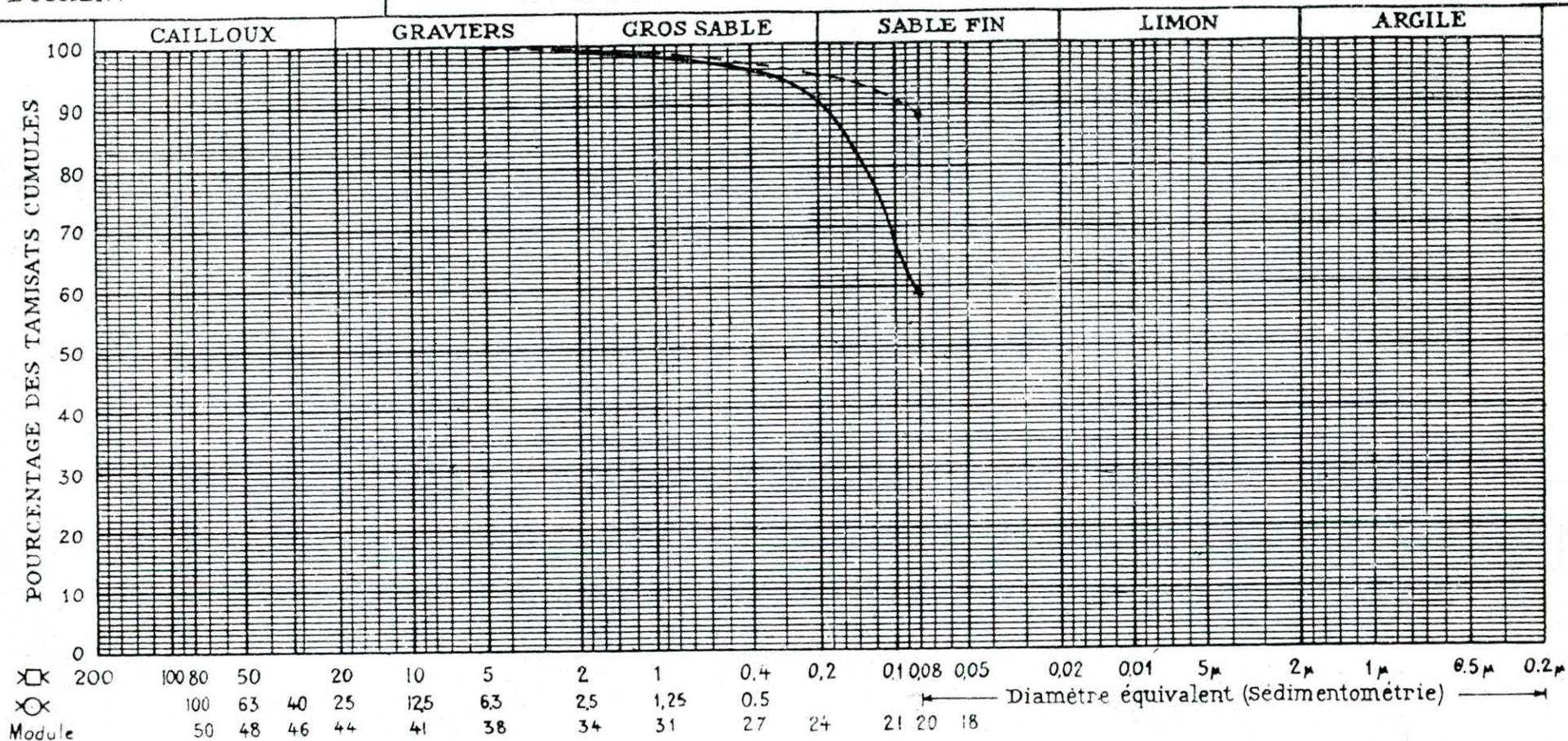


SONATRO

Designation des echantillons } N° SONDAGE : G₂ T.N
 } N° _____
 } N° SONDAGE : G₁ T.N

DOSSIER :

S. 6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	%	S. 8 LIMITES D'ATTERBERG			S. 2C E. S.
		< 80 μ	L. L.	I. P.		L. R.
Ech. G ₂	59.16	33	20.81		
Ech. _____					
Ech. G ₁	88.40	30	15.96		

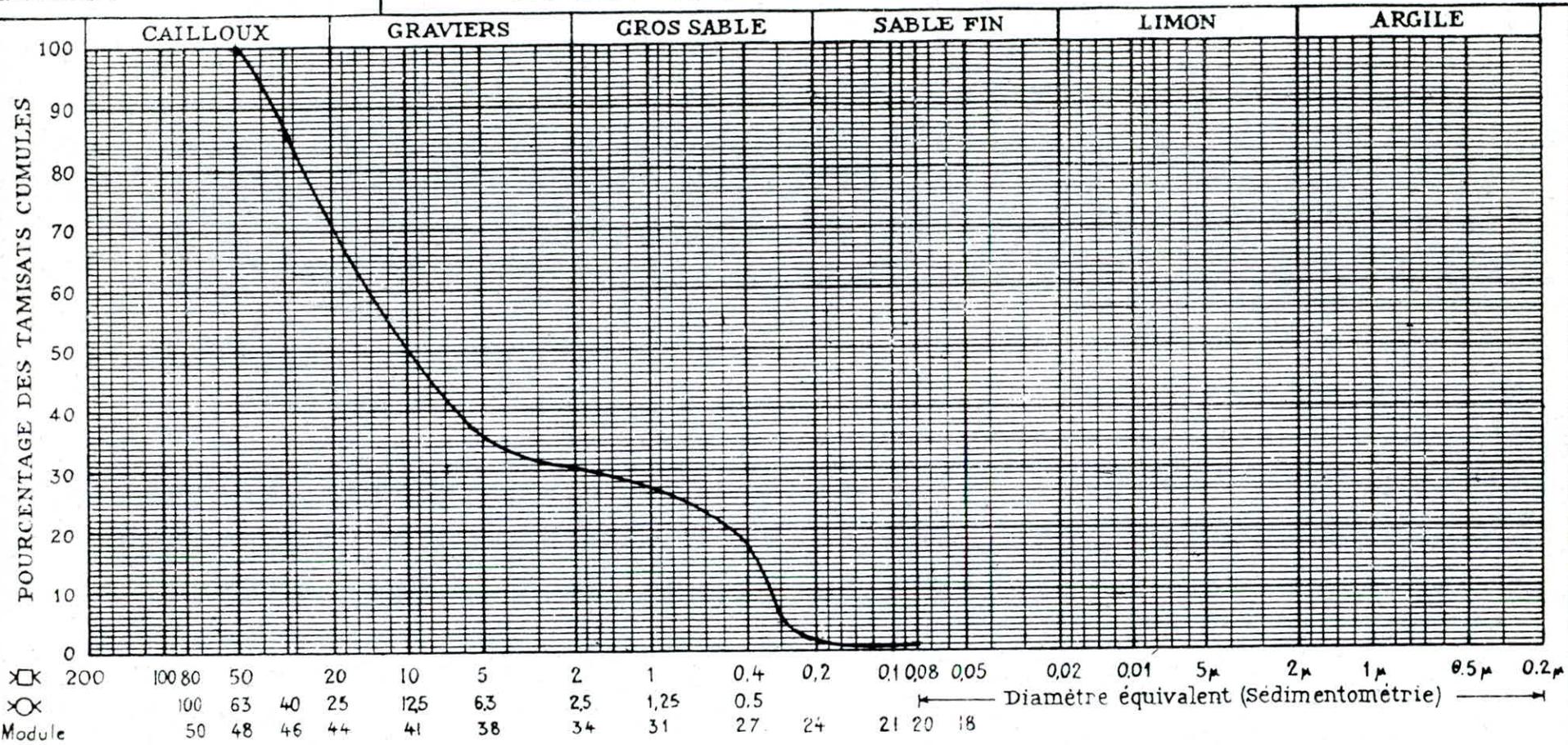


SONATRO

Désignation des échantillons } N° T.V.O
 } N°
 } N°

DOSSIER :

S. 6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Module	200	100	50	20	10	5	2	1	0.4	0.2	0.1	0.08	0.05	0.02	0.01	5µ	2µ	1µ	0.5µ	0.2µ
		100	63	40	25	125	63	25	1.25	0.5										
		50	48	46	44	41	38	34	31	27	24	21	20	18						

	%	S. 8 LIMITES D'ATTERBERG			S. 20 E. S.
		L. L.	I. P.	L. R.	
Ech. T.V.O	109	/	/	/	26
Ech.					
Ech.					

3.3 Densité en place

Le tableau 3.3.I donne les différentes valeurs rencontrées au droit de chaque sondage et à différents niveaux.

N° Son- dage	Niveau	% éléments Sup à 20 mm	Teneur en eau (W)	Densité en place: γ_d	Nature
P _I	0,00	53,39	2,17	2,15	TVO
	-0,25	-	19,24	1,74	TN
	-0,80	-	17,04	1,64	TN
P ₂	0,00	49,85	2,28	2,37	TVO
	-0,33	-	17,91	1,60	TN
	-1,00	-	14,88	1,74	TN
P ₃	0,00	-	1,77	2,21	TVO
	-0,30	-	19,42	1,55	TN
	-1,00	-	17,46	1,74	TN
P ₄	0,00	21,00	1,89	2,30	TVO
	-0,55	-	9,31	1,82	TN
	-1,00	-	11,10	1,10	TN
P ₅	0,00	43,05	3,27	2,10	TVO
	-0,57	-	10,15	1,50	TN
	-1,00	-	11,02	1,52	TN
P ₆	0,00	22,49	2,42	2,13	TVO
	-0,55	-	19,00	1,70	TN
	-1,00	-	18,18	1,76	TN
P ₇	0,00	50,18	2,31	2,02	TVO
	-0,37	-	17,21	1,73	TN
	-1,00	-	15,21	1,58	TN
P ₈	0,00	42,16	5,99	2,27	TVO
	-0,37	-	20,08	1,62	TN
	-1,00	-	17,78	1,72	TN
A	0,00	19,65	2,36	1,89	TVO
	-0,45	-	20,46	1,59	TN
	-1,00	-	17,67	1,61	TN
	-2,00	-	13,46	1,55	TN

N° Son- dage	Niveau	% éléments Sup à 20 mm	Teneur en eau (W)	Densité en place: γ_d	Nature
G	0,00	35,75	2,14	2,27	TVO
	-0,60	-	15,38	1,51	TN
	-1,00	-	11,75	1,50	TN
	-2,00	-	18,02	1,62	TN
B	0,00	-	3,83	1,43	TN
	-1,00	-	9,49	1,47	TN
	-2,00	-	8,73	1,40	TN
C	-0,23	-	4,70	1,59	TN
	-1,00	-	7,14	1,35	TN
	-2,00	-	10,26	1,51	TN
D	0,00	-	4,22	1,49	TN
	-1,00	-	8,27	1,71	TN
	-2,00	-	11,11	1,60	TN
E	0,00	-	3,72	1,46	TN
	-1,00	-	8,40	1,41	TN
	-2,00	-	10,55	1,82	TN
F	0,00	-	3,50	1,51	TN
	-1,00	-	10,46	1,38	TN
	-2,00	-			TN

Tableau 3.3.1

Les plages de variation des différentes densités en place sont groupées dans le tableau suivant:

		γ_d (t/m ³)	W (%)	Fortes densités rencontrées aux sondages
SUR. AIRES DE MOUVEMENTS	terrain naturel	sous-chaussée	$1,10 < \gamma_d < 1,82$	-
		hors-chaussée	$1,55 < \gamma_d < 1,62$	-
	couche de base	T.V.O.	$1,89 < \gamma_d < 2,37$	$1,77 < W < 5,99$	P2, P4, P8
HORS. AIRES DE MOUVEMENTS	terrain naturel	$1,35 < \gamma_d < 1,82$	-	-

On constate d'après ces résultats que les densités in-situ sont relativement faibles, signifiant qu'on est en présence d'un sol support peu dense et mal compacté excepté le T.V.O. dont les valeurs sont en majorités élevées.

3.4 Proctor modifié et CBR

Les tableaux 3.4I (chaussée existante) et 3.4.2 (hors chaussée) regroupent l'ensemble des résultats du proctor modifié et CBR au droit de chaque sondage.

3.4.1 Proctor modifié

Les proctors sont homogènes pour les sondages P1, P2, P3, P7, P8, A, D, G, (I;85 d OPM 1,98) tandis que pour les autres sondages la densité optimale est plus élevée (I,99 d OPM 2,09).

Cependant, la compacité du terrain naturel (sous chaussée et hors chaussée) varient entre 53 et 91% reste inférieure à 90%. par contre, pour le TVO, la densité optimale est de 2,26 et la compacité varie entre 95 et 102% pour les sondages P1, P2 et P3 et P8 satisfaisant ainsi les recommandations; tandis que pour les autres sondages (P4, P5, P6 et P7), la compacité variant entre 84 et 94%, reste inférieure à 95%.

Enfin, le mauvais compactage du sol support (TN) et l'hétérogénéité des compacités de la couche de base est à signaler.

Pour la représentation graphique des courbes Proctor, les différents sondages sont groupés en fonction de leur homogénéité de compacité

Sondages identiques	Allures des courbes présentées
P ₁ ; P ₂ ; P ₃ ; P ₇ ; P ₈ ; A ; D ; G ₁ ; G ₂	G ₂
P ₄ ; P ₅ ; P ₆ ; B ; C ; E ; F	F
T. V. 0	T. V. 0

3.4.2 C.B.R.

Les indices portants sont mesurés après 4 jours d'imbibition. les résultats obtenus sont résumés comme suit:

	Piste (chaussée existante)	Terrain naturel (hors chaussée)	T.V.0
I (CBR)	1,5 ÷ 17	2 ÷ 26	168 ÷ 197
% G	0,83 ÷ 5,48	0,32 ÷ 5,20	-

SONDAGE	P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅		P ₆		P ₇		P ₈	
W. OPM	11.5		12.75		12.9		10		9		12.2		13.8		12.2	
γ_d (OPM) T/m ³	1.94		1.87		1.91		2.07		2.09		1.99		1.92		1.87	
Nombre de C/C	55		55		55		55		55		55		55		55	
γ_d T/m ³	1.92	1.89	1.87	1.87	1.91	1.90	2.01	1.99	1.97	1.98	1.95	1.96	1.90	1.89	1.86	1.85
W de compactage après séchage	12.48	14.31	15.45	18.58	13.4	14.01	8.56	10.52	10.89	10.90	13.24	13.29	13.60	13.50	12.45	10.29
W de poinçonnement après séchage	20.05	20.32	25.43	25.04	17.74	20.56	16.37	14.13	18.38	20.06	16.72	18.18	22.18	24.75	27.99	26.75
CBR	4	3	3	3	5	7	6	17	6	4	8.5	7	4	4	2	1.5
% Gonflement	2.62	2.5	2.92	3.54	1.55	1.63	1.62	1	1.85	3.20	0.86	0.83	1.89	1.6	3.07	5.48

Tableau - 34.1

Piste (chaussée existante)

SONDAGE	A	B	C	D	E	F	G				T.V.O							
							Couche 1		Couche 2									
W_{OPM}	13.75	10.9	12.5	13.5	9.75	10	15.75		11.5		5							
$\gamma_d \cdot OPM \ T/m^3$	1.86	1.99	1.99	1.91	2.01	2.05	1.85		1.87		2.26							
Nombre de c/c	55	55	55	55	55	55	55		55		55							
$\gamma_d \ T/m^3$	1.85	1.84	1.93	1.94	1.93	1.93	1.87	1.90	2.00	2.00	2.02	2.04	1.84	1.80	1.87	1.87	2.26	2.25
W de compact- -age après séchage	14.91	13.98	11.88	13.18	12.99	12.08	12.80	13.50	11.75	10.42	11.21	10.52	15.07	16.00	10.51	10.97	4.51	5.23
W . de poinçonnement après séchage	25.61	98.66	21.94	21.94	21.42	18.70	17.45	22.27	15.80	14.88	43.42	13.15	22.45	22.37	18.99	17.18	6.03	5.40
CBR	3	2	6	6	7	6	5	3	10	15	16	23	9	6	18	26	197	168
% Gonflement	3.76	5.2	1.7	2.43	0.60	0.63	2.10	1.40	1.30	1.05	0.43	0.38	0.89	1.46	1.76	1.26	-	-

Tableau 3.4.2

Hors chaussée (T.N)

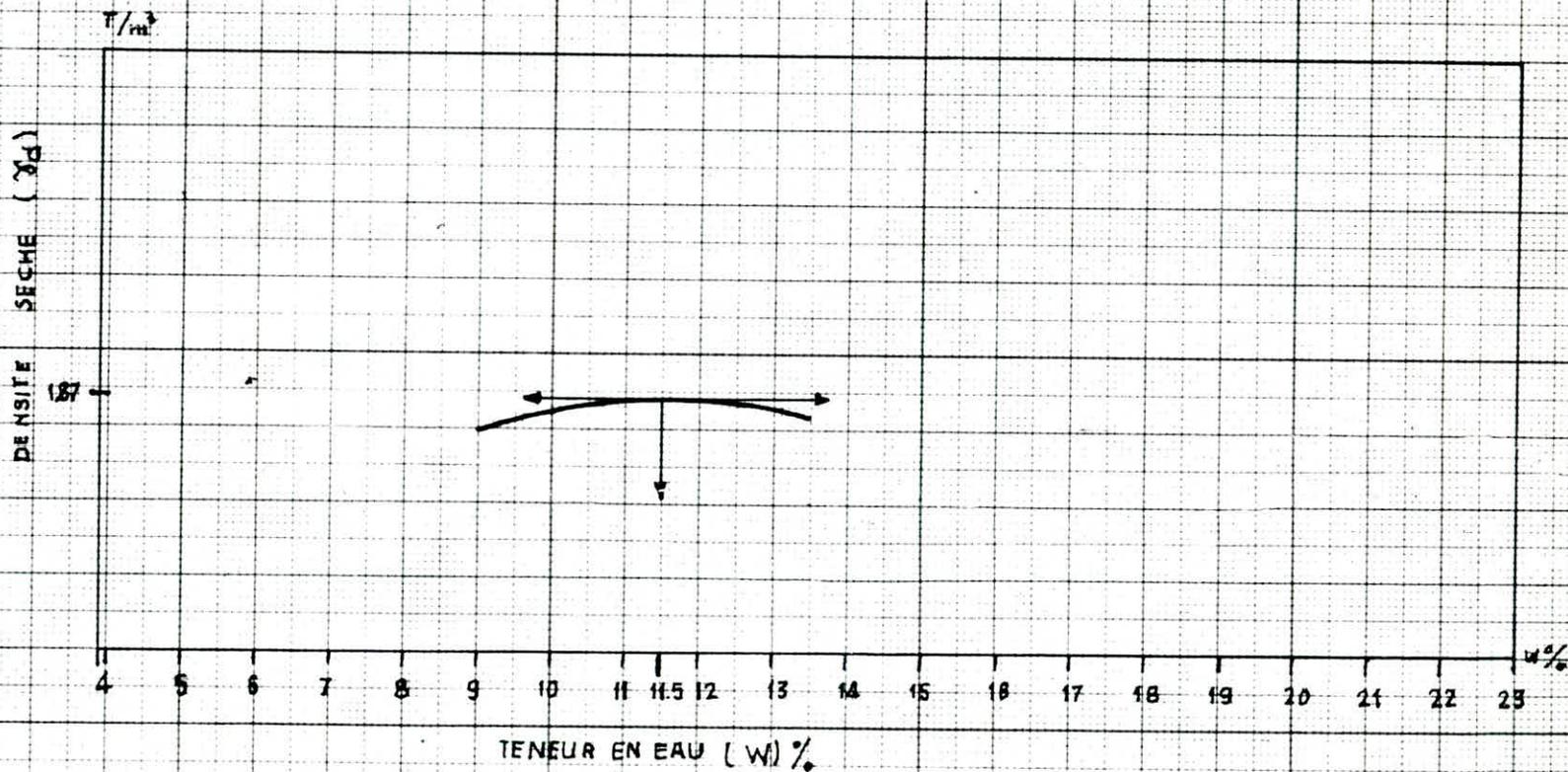
-48-

ESSAI PROCTOR

Sondage : G2

Teneur en eau optimum : 11.5

Densité sèche maximum : 1.87

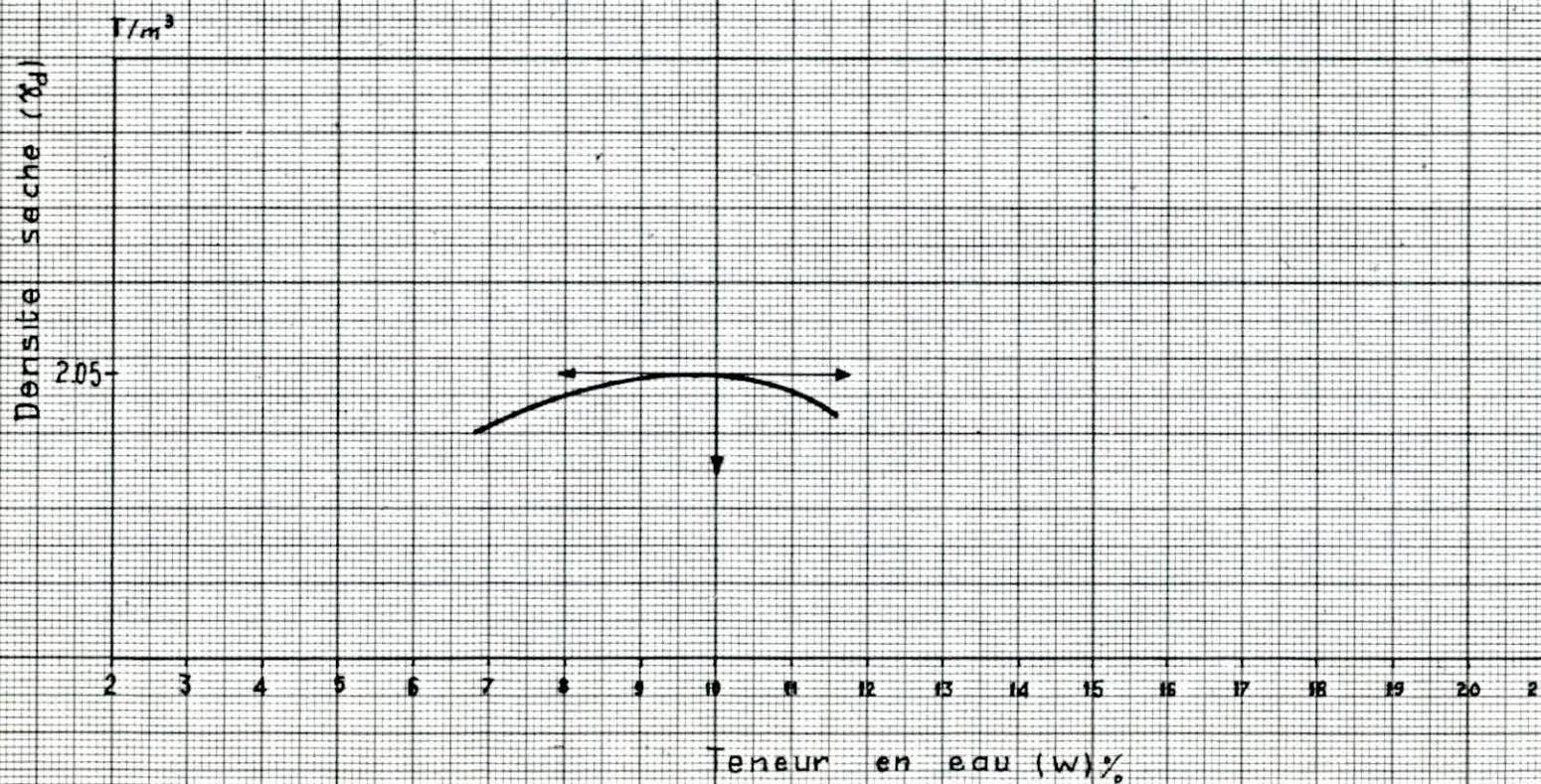


ESSAI PROCTOR

sondage : F

Teneur en eau optimum : 10%

Densité sèche maximum : 2.05

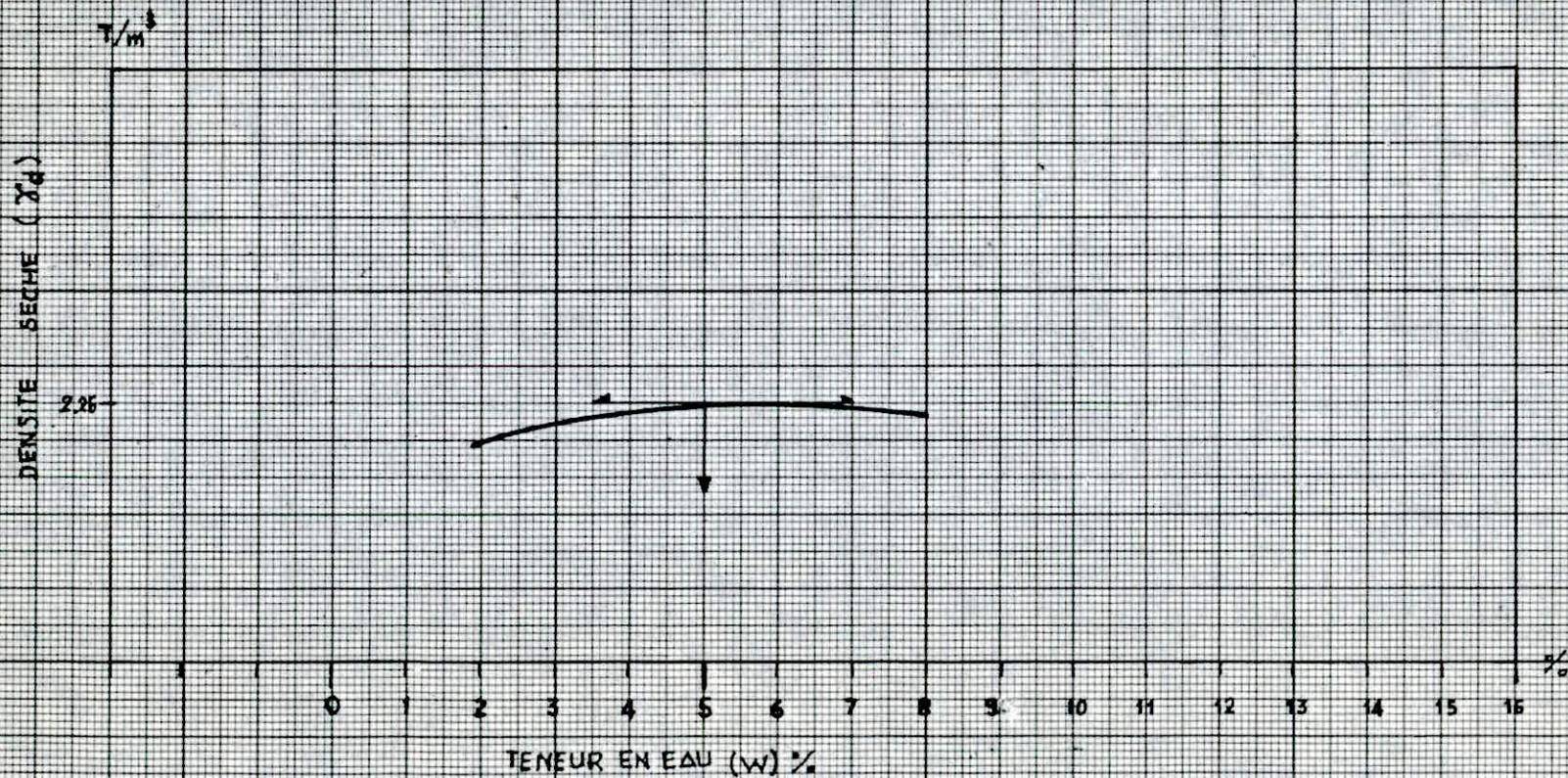


ESSAI PROCTOR

Sondage : T.V.0

Teneur en eau optimum : 5

Densité sèche maximum : 2.26



Nous remarquons la faible portance du sol support liée à la grande dispersion des indices portants concernant la piste et le terrain naturel tandis que pour le tout venant d'oued les C.B.R. donnent des valeurs élevées.

De plus, les pourcentages de gonflements montrent l'insuffisance d'une imbibition de 4 jours or en présence d'un sol argileux peu plastique, une imbibition complète, qui va jusqu'à un gonflement maximum où jusqu'à ce que le poids de l'échantillon ne varie plus s'impose.

Par conséquent, si on considère qu'un sol est gonflé quand celui-ci dépasse 3% de gonflement à l'essai de CBR et comme les pourcentages de gonflement atteignent une valeur de 5,48%, on peut conclure que le terrain naturel est de mauvaise qualité.

Les valeurs prises en considération pour le calcul de dimensionnement de notre projet sont les suivantes:

	N° Profil	C.B.R.
Piste I3/3I	0 - I250	3
	I250 - 2900	5
Terrain Naturel	-	3

3.5 Essai de plaque

L'essai donnant les valeurs du module de réaction K_0 n'étant pas effectué, le tableau 3.5.I donne les corrélations entre le C.B.R. et le module K_0 de Westergood:

En se référant aux tableaux 3.4.2 et 3.5.I, les valeurs de K_0 prises pour le dimensionnement de la chaussée rigide sont les suivants:

	N° profil	CBR	K_0 (MN/m ³)
Piste	0 - 1250	3	20
13/31	1250 - 2900	5	35
Terrain naturel	-	3	20

CHAPITRE III

DIMENSIONNEMENT

DE LA

CHASSEE

1.1 GENERALITES ET DEFINITIONS

1.1 Chaussée souple

Une chaussée souple comporte en général de haut en bas:

- une couche de surface composée d'une couche de roulement et éventuellement d'une couche de liaison,
- une couche de base,
- une couche de fondation,
- éventuellement d'une sous-couche.

1.1.1 Rôle des constituants de la chaussée

a) Couche de surface

Cette couche assure un rôle fonctionnel, (étanchéité, bon uni, rugosité) et un rôle structurel.

b) Couche de base

Elle assure essentiellement un rôle structurel en diffusant et en diminuant les contraintes sur la couche de fondation et le sol support.

- constitue une bonne assise pour la couche de surface.

c) 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.

d) Sous-couche

- évite la remontée des eaux de la nappe phréatique (rôle anti-capillarité)
- empêche la contamination des couches supérieures par les sols supports argileux (rôle anti-contamination)

1.1.2 Dimensionnement

Le dimensionnement d'une chaussée souple comporte cinq étapes:

- prévision de trafic
- détermination des caractéristiques du sol support
- recensement des facteurs climatiques
- détermination d'une épaisseur équivalente
- choix d'une constitution de chaussée

I.2 Chaussée rigide

Une chaussée rigide comporte en général de haut en bas:

- une dalle de béton
- une couche de fondation
- éventuellement une sous-couche

I.2.1 Rôle des constituants de la chaussée

a/ Dalle de béton

Par suite de la rigidité du béton, les contraintes verticales appliquées sur la fondation par une dalle de béton chargée sont faibles; la dalle assure la répartition des efforts dus aux charges par mobilisation de sa résistance à la flexion. Par conséquent, contrairement à ce qui se passe pour une chaussée souple, le critère de dimensionnement d'une chaussée rigide n'est pas celui de la pression limite au niveau du sol mais celui du moment de flexion admissible de la dalle.

b/ Couche de fondation

La couche de fondation intervient de manière réduite dans les calculs comme simple terme correctif du module de réaction du sol support K_0 , qui a lui-même une faible incidence. Cependant, son rôle est important et multiple. Elle doit:

- assurer la continuité de l'appui des dalles au droit des joints,
- par son poids s'opposer au gonflement éventuel du terrain naturel, et contribuer à assurer la protection de ce dernier contre le gel,
- offrir une surface stable pour le déroulement des travaux de bétonnage,
- s'opposer à la remontée des fines par pompage au droit des joints.

c/ Sous-couche

La couche de fondation peut reposer sur une sous-couche dont le rôle est anti-capillaire et anti-contaminatoire.

I.2.2 Contrainte du béton

Pour le dimensionnement, la seule caractéristique du béton prise en compte est la contrainte admissible de traction par flexion :

$$\bar{\sigma}_{bt} = \frac{f_{t90}}{CS}$$

f_{t90} : résistance de traction par flexion à la rupture du béton mesurée à 90 jours,

CS : coefficient de sécurité qui dépend du type de joints, il est égal à :

- 1,8 pour les joints munis de dispositifs de transfère de charge efficace
- 2,6 pour les cas contraires.

1.2.3 Dimensionnement

Le dimensionnement d'une chaussée rigide comporte cinq étapes:

- prévision de trafic,
- détermination des caractéristiques du sol support,
- détermination de l'épaisseur et du type de fondation,
- calcul de l'épaisseur de la dalle de béton.

1.2.4 Les systèmes de transfert de charge

Pour pallier les fissures dues aux phénomènes hygrothermiques, on découpe les bandes bétonnées en dalles sensiblement carrées. Mais comme les charges en bord de dalles sont les plus dangereuses on essaye de rétablir la continuité par divers artifices dénommés systèmes de transfert de charges. On ne peut évidemment rétablir la continuité totale et en particulier transmettre les moments de flexion de dalle à dalle dans toutes les directions. On se borne à transmettre une partie des cisaillements le long du plan du joint et, par suite, à faire participer la dalle non chargée aux moments de flexion sur les éléments de plans perpendiculaires aux joints.

Les deux systèmes classiques sont:

- les goujons,
- les joints à rainure et languette.

2. CHOIX DE LA CHARGE DE CALCUL

2.1 Masse de l'avion

L'une des principales caractéristiques des avions intéressant le dimensionnement est la masse de l'avion. Il est en effet nécessaire de recenser pour chaque avion la masse au décollage (Md) dans le cas de dimensionnement forfaitaire et les masses au décollage (Md) et atterrissage (Ma) dans le cas de dimensionnement optimisé.

2.2 Charges utilisées dans les calculs

L'espacement entre les atterrisseurs des avions actuels est tel qu'il est justifié d'étudier séparément chaque atterrisseur. L'atterrisseur principal fournit en général les sollicitations les plus sévères mais, dans certains cas le secondaire risque d'être le plus critique pour les chaussées. Dans les calculs, on fera intervenir une charge par atterrisseur. Les abaques des principaux avions étudiés sont tracés selon cette règle.

2.3 Pondération de la charge selon la fonction des aires de mouvement

Chaque type d'aire (piste, voies de circulation, aires de stationnement, aire d'entretien, etc...) doit être dimensionné séparément pour tenir compte des conditions différentes de sollicitations. Tout en étant soumises aux mêmes charges, certaines chaussées peuvent subir des fatigues. Afin d'illustrer ceci, nous présentons le cas d'une piste non dotée d'une voie de circulation parallèle (cas de l'aérodrome de Biskra):

Aires de mouvements	Coefficient de pondération
Piste 13/31	1
Accotements	0,7
P.O.R	0,5
Bretelle	1
Aire de stationnement	1,1

2.4 Remarque

Les effets dûs au freinage ne sont pas pris en compte pour le dimensionnement des chaussées. Ils n'interviennent que pour des études particulières (exemple: ouvrage sous piste).

3. DIMENSIONNEMENT

L'épaisseur équivalente totale de la chaussée souple ainsi que l'épaisseur réelle de dalle en béton de la chaussée rigide sont calculées selon la méthode de dimensionnement appliquée:

- dimensionnement forfaitaire,
- dimensionnement optimisé

3.1 Dimensionnement forfaitaire

Le dimensionnement forfaitaire est fonction d'une charge normale que la chaussée doit supporter. Il ne prend en compte que l'avion le plus contraignant pour un trafic normal.

3.1.1 Principe

Le calcul de dimensionnement est appliqué sur chaque partie d'aire définie selon les indications du paragraphe 2.3.

Le dimensionnement forfaitaire permet de calculer l'épaisseur d'une chaussée en fonction d'une charge normale de calcul P'' obtenue à partir de la charge réelle pondérée P' avec un nombre réel de mouvements journaliers donnés.

La charge réelle pondérée P' est elle-même obtenue à partir de la charge P qui est soit:

- la charge maximale sur l'atterrisseur principal le plus contraignant
- la charge désirée pour une catégorie d'atterrisseur.

3.1.2 Exposé de la méthode de calcul

Données du trafic sur l'aire considérée:

P : charge réelle
 n : mouvement réel par jour pendant 10 ans

Pondération selon la fonction de l'aire:

P' : charge réelle pondérée
 n : mouvements réels par jour pendant 10 ans

Conversion de la charge P' considérée à n mouvements par jour pendant 10 ans en une charge équivalente P'' pour 10 mouvements par jour pendant 10 ans

P'' : charge normale de calcul pour 10 mouvements réels par jour pendant 10 ans

Utilisation des abaques ou formules de dimensionnement pour l'atterrisseur considéré:



3.1.3 Intensité du trafic et durée de vie

Un trafic de 10 mouvements par jour pendant 10 ans correspondant à une hypothèse tout à fait raisonnable, ce trafic a été retenu par convention pour l'établissement des abaques. L'expérience a montré que le dimensionnement ainsi obtenu était satisfaisant.

Toute-fois, il peut se faire que ce niveau de trafic soit manifestement inférieur au trafic prévisible de l'aérodrome ou qu'au contraire, il l'excède largement. Il est alors nécessaire de tenir compte de l'intensité réelle du trafic escompté.

La correction repose sur une relation entre les couples (P',n) et (P'',n).

$$P'' = \frac{P'}{CT} \quad (1) \qquad CT = 1,2 - 0,2 \log(n) \quad (2)$$

CT: coefficient de correction des charges réelles selon la fonction de l'intensité.

Remarques importantes

a/ La relation (2) n'est valable que pour une durée de vie de 10 ans de la chaussée étudiée. Pour une autre durée, il convient de se ramener à 10 ans.

b/ La valeur du coefficient de correction CT est limitée à 1,2 en borne supérieure (hypothèse minimale de 1 mvt/j). Quand le nombre de mouvements dépasse de cette limite, il est recommandé d'utiliser le dimensionnement optimisé.

3.1.4 Calcul de l'épaisseur de la chaussée

a/ Données nécessaires

- la charge normale de calcul P''
- le CBR du sol support (chaussée souple)
- le module de réaction corrigé K du sol support et la contrainte admissible de traction par flexion $\bar{\sigma}_{bt}$ du béton (chaussée rigide)

b/ Abaques

Selon le cas utilisé:

- soit l'abaque particulier de l'avion étudié
- soit l'abaque atterrisseur-types correspondant au cas étudié.

3.2 Dimensionnement optimisé

Le dimensionnement optimisé est utilisé lorsque doivent être considérés plusieurs types d'avion presque aussi contraignants les uns que les autres.

3.2.1 Principe

Le dimensionnement optimisé présente l'avantage de convertir les mouvements réels de chacune des charges et atterrisseurs réels considérés en mouvements équivalents de même charges de référence.

3.2.2 Exposé de la méthode de calcul

a) Le calcul est conduit pour chaque partie d'aire définie au paragraphe 2.3.

b) Tous les modèles d'avions sont recensés:

- deux modèles du même avion sont considérés comme différents si les caractéristiques de leurs atterrisseurs sont différentes (nombre de roues, dimensions, pression)

- plusieurs charges réelles P_{ij} peuvent être considérées par modèle (i) avec leur nombre de mouvements réels n_{ij} et sont transformées en charges réelles pondérées P'_{ij} pour tenir compte de la fonction de l'aire

c) En vue d'un calcul par itération une épaisseur initiale est choisie, épaisseur équivalente totale (chaussée souple) ou épaisseur réelle de dalle de béton (chaussée rigide):

- pour chacun des avions paraissant les plus contraignants, il convient de calculer l'épaisseur qui lui serait nécessaire en appliquant la méthode du dimensionnement forfaitaire

- la plus grande des épaisseurs ainsi obtenue, majorée de quelques centimètres, fournit en général une épaisseur initiale assez proche de la valeur définitive

d) Pour chaque modèle d'avion (i), la charge admissible $P_{o,i}$ est déterminée à partir des abaques chaussée souple ou chaussée rigide correspondant à l'épaisseur choisie. S'il n'existe pas d'abaque pour l'avion considéré, celui du modèle avion dont les caractéristiques s'en rapprochent le plus est utilisé

e) Pour chaque modèle d'avion (i), les n_{ij} mouvements réels de chaque charge réelle pondérée P'_{ij} sont convertis en n'_{ij} mouvements équivalents à la charge admissible $P_{o,i}$. Pour cela, pour chaque

modèle d'avion (i) et chaque charge P_{ij} :

- le rapport $R_{ij} = \frac{P'_{ij}}{P_{oi}}$ est calculé. Ce rapport ne doit pas dépasser 1,2 pour les airesⁱ de stationnements et 1,5 pour les autres aires, (il est toutefois recommandé de ne pas dépasser également 1,2 dans ce cas). Si les valeurs sont dépassées, le calcul est recommencé à la séquence (c) avec une épaisseur initiale majorée.

- Le coefficient de pondération $C_{p_{ij}}$ des mouvements réels est calculé par la relation:

$$C_{p_{ij}} = 10^{5(R_{ij} - 1)}$$

- le nombre de mouvements équivalents n'_{ij} est égal au nombre de mouvements réels n_{ij} multiplié par $C_{p_{ij}}$:

$$n'_{ij} = n_{ij} \times C_{p_{ij}}$$

f) Le nombre total des mouvements équivalents de tous les modèles d'avions est calculé en additionnant tous les mouvements équivalents n'_{ij} . Ce nombre est aussi appelé trafic équivalent.

g) Si le trafic équivalent est sensiblement inférieur à 36500, l'épaisseur essayée est trop importante (surdimensionnement) et le calcul doit être repris de puis la séquence (c) avec une épaisseur plus petite. Au contraire, si le trafic équivalent est sensiblement supérieur à 36500, l'épaisseur essayée est insuffisante (sous-dimensionnement) et le calcul doit être repris depuis la séquence (c) avec une épaisseur plus grande.

Des itérations sont ainsi effectuées jusqu'à trouver l'épaisseur telle que le trafic équivalent soit le plus proche possible par défaut de 36500.

3.2.3. Intensité du trafic et durée de vie

Le dimensionnement optimisé prend en compte le nombre prévu de mouvements réels de chaque avion pour la durée de vie envisagée.

3.2.4. Calcul de l'épaisseur de la chaussée

- Les prévisions de trafic sur la durée de vie choisie
- Le CBR du sol support (chaussées souples)
- Le module de réaction corrigé K du sol support et la contrainte admissible $\bar{\sigma}_{bt}$ de traction par flexion du béton (chaussées rigides).

4. COLLECTE DES DONNEES

4.1 Evaluation de la chaussée existante

L'évaluation de la chaussée existante a permis de déterminer certaines caractéristiques de la structure.

Chaussée existante		Structure	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient équivalent	Epaisseur équivalente (cm)
POR 13		TVO	45	0,5	22
Piste. 13/31	0 ÷ 1700	Enrobé	4	I	4
		Macadam	6	0,75	4,5
		TVO	20	0,5	10
	1700 ÷ 2900	Enrobé	4	I	4
		TVO	50	0,5	25
POR 31		TVO	60	0,5	30

4.2 Prévision du trafic

Le tableau masses/mouvements ci-dessous décrit le trafic moyen prévu pour les dix années suivant la mise en service.

Types d'avion	Rotations réelles cumulées pendant 10 ans	M _d (T)	M _a (T)
B707 320 B	360	150	112
B727-ADV-200	11000	80,5	72,7
B737-200	11200	48	46,7

4.3 Caractéristiques du sol support

Type de chaussée	Caractéristiques du sol support	Aires de mouvements
Souple	CBR = 3	POR I3 Piste I3/3I: 0- 1250 Accotements: 0- 1250
Rigide	$K_0 = 20 \text{ MN/m}^3$	Bretelle Aire de stationnement Bandes anti souffle
Souple	CBR = 5	Piste I3/3I : 1250 - 2900 Accotements: 1250-2900
Rigide	$K_0 = 35 \text{ MN/m}^3$	POR 3I

4.4 Contrainte de béton

Type de joint	Disposition constructive	Condition défavorable	C_s	bt
Rainure et longuete avec goujons		Importance variation thermique journalière (supérieures à 20° C)	1,8	3,1 MPa

Il est possible d'attaquer le problème des transferts des charges par le calcul et de chercher à déterminer d'une part le diamètre et la longueur convenables des barres, et d'autre part le rendement du dispositif, c'est-à-dire la fraction des charges transmises d'une dalle à l'autre. Mais l'hypothèse formulée concernant la déformabilité des goujons dans leur gaine de béton sont très criticables. Le mieux encore est de s'en tenir à l'expérience.

4.5 Caractéristiques des matériaux susceptibles d'être utilisés

Type de chaussée	Structure	CE	f_{90} (MPa)
Souple	Béton bitumineux 0/14	2	-
	Grave bitume 0/20	1,5	-
	Grave concassée 0/31,5	1	-
	Grave concassée 0/50	0,75	-
Rigide	Béton de ciment	-	5,6
	Grave ciment 0/20	1,5	-
	Grave concassée 0/31,5	-	-

4.6 Couche de fondation concernant la chaussée rigide

Pour les nouvelles aires de mouvement (bretelle, aire de stationnement, accotements stabilisés et bande anti-souffle), la couche de fondation concernant la chaussée rigide sera constituée de:

Couche de fondation	Epaisseur réelle (cm)	CE	Epaisseur équivalente (cm)
grave ciment 0/20	20	1,5	30
grave concassée 0/31,5	10	1	10
TOTAL			40

5. RENFORCEMENT DE LA PISTE I3/3I

Le problème du renforcement des chaussées d'aérodromes peut se poser soit lorsqu'il s'agit d'adapter les aires de mouvement à de nouveaux appareils plus exigeants, soit lorsqu'il doit être remédié à des insuffisances de portance. Ces deux phénomènes sont fréquemment mêlés dans la réalité.

5.1 Raison de renforcement

Les infrastructures existantes présentent des dégradations avancées tant en "profil en long" qu'en "profil en travers". Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant:

Profils	Relevé des dégradations de la piste I3/3I
Raquette I3	Fissures à larges mailles nombreuses reprises (pelades)
P.300	Fissures longitudinales
P.640	Nid de poule à 5 m à droite de l'axe
P.900	Fissures sur joints de construction, fissures longitudinales et transversales, faïençage à mailles larges à 5 m à droite de l'axe, reprise sur le bord droit.
P.I500	Reprise à 8 m du bord droit, pelade et désenrobage-gravillons très nombreux sur la piste.
PI670-I690	Reprise barrant la piste, faïençage à mailles serrées sur toute la reprise, quelques flaches.
PI760-I780	Fissures transversales à droite, une fissure longitudinale à 5 m de l'axe sur la droite des touffes d'herbe dans les fissures.
P. 2520	Fissures longitudinales en bord droit et épaufrures.

5.2 Renforcement souple

L'épaisseur du renforcement est déterminée par différence entre l'épaisseur équivalente nécessaire d'une chaussée neuve et l'épaisseur équivalente de la chaussée existante. Dans la détermination de cette dernière, il est tenu compte des deux remarques suivantes:

- d'une part les coefficients d'équivalence des couches de chaussées doivent être corrigés en fonction de leur état réel,

- d'autre part, le coefficient d'équivalence d'une couche de chaussée à un niveau donné ne pourra être supérieur au coefficient d'équivalence de la couche rapportée au-dessus.

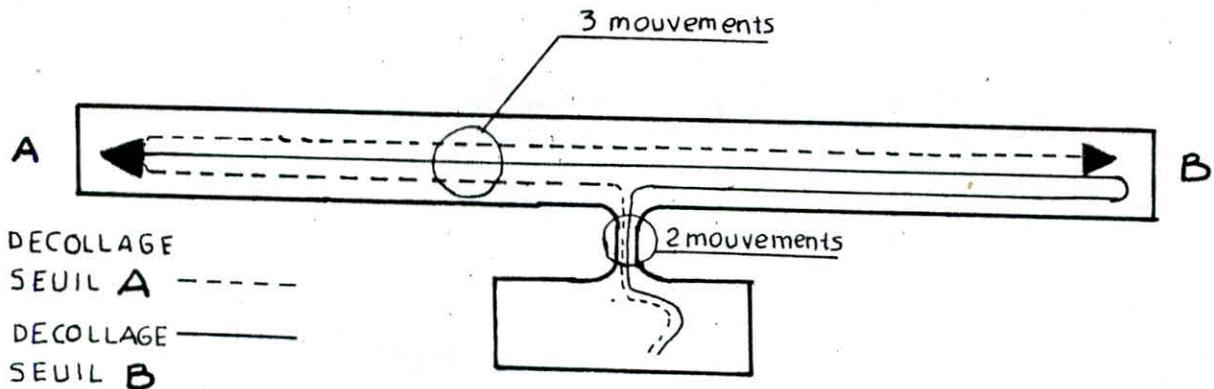
5.2.1. Détermination de l'épaisseur équivalente nécessaire d'une chaussée neuve

a/ Méthode forfaitaire

Etude des prévisions de trafic

La chaussée est dimensionnée pour l'avion le plus contraignant à sa charge maximale c'est-à-dire B727.ADV.200 à sa masse totale au décollage de 80,5 tonnes.

Le nombre de mouvements réels dépend de l'aire étudiée comme l'indique le schéma suivant:



Compte tenu de l'égale répartition des décollages sur les deux seuils, deux décollages donnent en moyenne 3 mouvements réels sur la piste. Par conséquent, le nombre moyen de mouvements réels à prendre en compte pour les dix années est:

Piste..... n = 1,5 mvt/j
Bretelle, aire de stationnement..... n = 1 mvt/j

Or on prévoit 11000 décollages pendant 10 ans pour le Boeing 727 d'où en moyenne 3 décollages/jour. Par conséquent:

3 décollages /j = $\left\{ \begin{array}{l} \text{Piste} \text{-----} n = 1,5 \times 3 = 4,5 \text{mvt/j} \\ \text{Bretelle, aire de stationnement } n = 1 \times 3 = 3 \text{m/j} \end{array} \right.$

Type d'avion	P _t (T)	P (T)	P' (T)	n mv ¹ /j	CT	P'' (T)	Epaisseur	
							CBR=3	CBR=5
B.727.ADV.200	80.5	38.5	38.5	4.5	1.069	36	134'	94

Tableau récapitulatif 5.2.1

b/ Méthode optimisée
.....

* Choix d'une épaisseur initiale pour le calcul itératif de l'épaisseur.

Type d'avion	P _t (T)	P (T)	P' (T)	mouvements réels cumulés Pendant 10 ans	Intensité moyenne du trafic mv ¹ / j	CT	P'' (T)	Epaisseur	
								CBR=3	CBR=5
B.707	150	69	69	720	0.197	1.341	51.5	129	85
B.727	80.5	38.5	38.5	22000	6.027	1.044	36.9	135	94
B.737	48	22.2	22.2	22400	6.137	1.042	21.3	95	66

Tableau 5.2.2

L'épaisseur maximale est trouvée pour le B.727.ADV.200:

135 cm pour un C.B.R. = 3
94 cm pour un C.B.R. = 5

Le calcul itératif se fera donc respectivement à partir de 137 cm et 96 cm (soit respectivement (135 + 2) cm et (94 + 2) cm); avec un pas d'itération de 2 cm.

Les épaisseurs équivalentes nécessaires sont :

e = 138 cm pour l'hypothèse de calcul C.B.R. = 3 (tab. 523)
e = 97 cm pour l'hypothèse de calcul C.B.R. = 5 (Tab. 524)

Ep. Eq (cm)	TYPE D'avion	P_B (T)	P_B' (T)	P_A (T)	P_B' (T)	P_A' (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D+A			
137	B. 707	118.5	150	112	150	112	1.266	0.945	21.380	0.531	21.911	360	7888	37869
	B.727	75.7	80.5	72.7	80.5	72.7	1.063	0.960	2.065	0.631	2.696	11000	29656	
	B.737	74.9	48	46.7	48	46.7	0.641	0.623	0.016	0.013	0.029	11200	325	
139	B707	123.9	150	112	150	112	1.211	0.904	11.305	0.331	11.636	360	4189	17697
	B727	81.2	80.5	72.7	80.5	72.7	0.911	0.895	0.906	0.300	1.206	11000	13262	
	B.737	78.4	48	46.7	48	46.7	0.612	0.596	0.012	0.010	0.022	11200	246	

Tableau des iterations 5.2.3

hypothèse de calcul C.B.R = 3

Ep. Eq (cm)	TYPE D'Avion	P_B (T)	P_B' (T)	P_A (T)	P_B' (T)	P_A' (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D+A			
96	B. 707	128.3	150	112	150	112	1.169	0.873	7.009	0.232	7.241	360	2606	40315
	B. 727	74.3	80.5	72.7	80.5	72.7	1.083	0.978	2.614	0.780	3.394	11000	37339	
	B.737	73.7	48	46.7	48	46.7	0.651	0.634	0.018	0.015	0.033	11200	370	
98	B. 707	135.2	150	112	150	112	1.109	0.828	3.526	0.139	3.665	360	1319	14827
	B. 727	81.17	80.5	72.7	80.5	72.7	0.991	0.895	0.906	0.300	1.206	11000	13262	
	B.737	78.4	48	46.7	48	46.7	0.612	0.596	0.012	0.010	0.022	11200	246	

Tableau des iterations 5.2.4

hypothèse de calcul CBR = 5

c/ Conclusion
.....

La différence entre ces deux méthodes (forfaitaire et optimisée) est traduite de 4 cm équivalents au maximum dans le cas d'une chaussée souple.

La méthode du dimensionnement forfaitaire s'emploie dans les cas suivants:

- Etude d'un aérodrome sur lequel évolue un type d'avion nettement plus contraignant
- Etude préliminaire en l'absence de prévisions faibles de trafic.

La méthode du dimensionnement optimisé est utilisée lorsque doivent être considérés plusieurs types d'avions presque aussi contraignants les uns que les autres. (Cas de l'aérodrome de Biskra). Tenant compte de ces remarques, on opte pour la méthode optimisée dans la suite de nos calculs pour la structure souple.

5.2.2. Epaisseur des matériaux traités

L'épaisseur minimale des matériaux traités et que doit comporter la chaussée est déterminée à l'aide de l'abaque " STBA "

e (cm)	CBR	e _t (cm)
138	3	34
97	5	32

5.2.3 Détermination de l'épaisseur équivalente de renforcement

N° des profils	0	1250	1700	2900
Valeur de CBR	3	5	5	
Epaisseur équivalente chaussée existante	138	97	97	
Epaisseur équivalente nécessaire	18	18	29	
Epaisseur équivalente de renforcement	120	79	68	

Tableau 5.2.5

5.2.4. Structure de renforcement

Piste I3/3I	Matériaux	Epaisseur réelle (cm)	CE	Epaisseur équivalente
0 ÷ 1250	Béton bitumineux 0/I4	6	2	12
	Grave bitume 0/20	18	1,5	27
	Grave concassée 0/3I,5	35	I	35
	Grave concassée 0/50	46	I	46
TOTAUX		105	-	120
1250 ÷ 1700	Béton bitumineux 0/I4	6	2	12
	Grave bitume 0/20	18	1,5	27
	Grave concassée 0/3I,5	40	I	40
TOTAUX		64	-	79
1700 ÷ 2900	Béton bitumineux 0/I4	6	2	12
	Grave bitume 0/20	18	1,5	27
	Grave concassée 0/3I,5	29	I	29
TOTAUX		53	-	68

Tableau 5.2.6

5.3 Renforcement rigide

Lorsqu'une chaussée souple est renforcée par une dalle de béton, elle n'intervient dans le calcul de celle-ci qu'en tant que couche de fondation. Le module K à attribuer à cette couche de fondation est déterminé d'après les indications suivantes:

Le module de réaction du sol support K_0 est corrigé en fonction de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation augmentée éventuellement de l'épaisseur équivalente de la couche de forme et la sous-couche. La valeur obtenue est le module de réaction corrigé (K).

La correction est effectuée à l'aide d'un abaque du "STBA".

5.3.1 Détermination du module de réaction corrigé K

N° profil	0	1250	1700	2900
Epaisseur chaussée existante (cm)	18	18	29	
Module de réaction Ko (MN/m ²)	20	35	35	
Module de réaction corrigé K (MN/m ³)	30	45	60	

5.3.2 Détermination de l'épaisseur de la dalle en béton

a/ Méthode forfaitaire

P" (T)	K (MN/m ³)	Epaisseur de la dalle (h)
36	30	33
	45	31
	60	30

On notera que l'influence de la valeur de 34 cm soit 33+1 avec un pas d'itération de 1 cm des chaussées rigides est beaucoup moins importante que celle du CBR sur le dimensionnement des chaussées souples. Par contre, l'influence de la contrainte admissible du béton est bien plus prépondérante. Tenant compte de cette remarque l'épaisseur de la dalle de béton à prendre est h = 33 cm pour K = 30 MN/m³.

b/ Méthode optimisée

x Choix de l'épaisseur initiale h

Type d'avion	P"	h ₀
B707	51,5	30
B727	36,9	33
B737	21,3	25

hypothèse de calcul

$$K = 30 \text{ MN/m}^3$$

$$bt = 3,1 \text{ MPA}$$

L'épaisseur maximale est trouvée pour le Boeing 727.ADV.200:
33 cm pour K = 30

Ep. eq (cm)	Type D'Avion	P_0 (T)	P_D (T)	P_A (T)	P'_D (T)	P'_A (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D + A			
34	B.707	121.3	150	112	150	112	1.237	0.923	15.241	0.941	15.655	3 60	5 637	
	B.727	81.6	80.5	72.7	80.5	72.7	0.987	0.891	0.856	0.285	1.176	11000	12935	
	B.737	79.1	48	46.7	48	46.7	0.607	0.590	0.011	0.009	0.020	11200	225	
													18 796	
33	B.707	125.4	150	112	150	112	1.196	0.893	9.569	0.292	9.861	3 60	3 550	
	B.727	74.8	80.5	72.7	80.5	72.7	1.076	0.972	2.399	0.724	3.123	11000	3 4353	
	B.737	73.6	48	46.7	48	46.7	0.652	0.635	0.018	0.015	0.033	11200	370	
													38 273	

Tableau des itérations 5.3.1

hypothèse de calcul ($\bar{\sigma}_k = 3.1 \text{ Mb}$; $K = 30 \text{ MN/m}^2$)

Le calcul itératif se fera à partir de 34 cm (soit 33 + I) avec un pas d'itération de I cm.

c/ Conclusion
.....

Il est inutile de réaliser un dimensionnement optimisé dont la précision serait illusoire car généralement la précision de la méthode forfaitaire est suffisante pour le dimensionnement des chaussées rigides.

Tenant compte de cette conclusion, on opte pour la méthode forfaitaire dans la suite de nos calculs pour la structure rigide.

5.3.3. Structure de renforcement

Dalle en béton de ciment d'épaisseur réelle de 33 cm.

5.4 Renforcement des prolongements d'arrêt

5.4.1 Renforcement souple

a/ Détermination de l'épaisseur équivalente nécessaire
.....
d'une chaussée neuve
.....

Choix de e_0

Type d'avion	Pt (T)	P (T)	p' (T)	Intensité journalière	CT	P'' (T)	e	
							CBR=3	CBR=5
B707	150	69	34,5	0,197	1,341	25,73	75	50
B727	80,5	38,5	19,25	6,027	1,044	18,44	90	62
B737	48	22,2	11,1	6,137	1,042	10,65	70	48

$e_0 = 90$ cm pour CBR = 3 Tableau 5.4.1
 $e_0 = 62$ cm pour CBR = 5

Le calcul itératif se fera avec un pas d'itération de 2 cm.

b/ Epaisseur de matériaux traités
.....

e (cm)	CBR	e_t (cm)
91	3	23
63	5	22

Tableau 5.4.4

Ep. Eq (cm)	Type D'Avion	P ₀ (T)	P _D (T)	P _A (T)	P' _D (T)	P' _A (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D+A			
92	B.707	73.0	150	112	75	56	1.027	0.767	1.371	0.068	1.439	360	518	26019
	B.727	38.57	80.5	72.7	40.25	36.35	1.049	0.947	1.759	0.545	2.304	11000	25349	
	B.737	41.86	48	46.7	24.00	23.35	0.573	0.558	0.007	0.006	0.013	11200	152	
														36993
90	B.707	72.54	150	112	75	56	1.034	0.772	1.479	0.072	1.551	360	558	36993
	B.727	37.24	80.5	72.7	40.25	36.36	1.081	0.976	2.536	0.759	3.295	11000	36245	
	B.737	40.49	48	46.7	24	23.35	0.593	0.576	0.009	0.008	0.017	11200	189	

Tableau des iterations 5.4.2

hypothèse de calcul CBR = 3

Ep. Eq (cm)	Type D'Avion	P ₀ (T)	P _D (T)	P _A (T)	P' _D (T)	P' _A (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D+A			
64	B.707	78.8	150	112	75	56	0.952	0.711	0.574	0.036	0.610	360	220	23340
	B.727	38.7	80.5	72.7	40.25	36.35	1.040	0.940	1.585	0.501	2.086	11000	22948	
	B.737	41.0	48	46.7	24	23.35	0.585	0.569	0.008	0.007	0.015	11200	172	
														36525
62	B.707	75.22	150	112	75	56	0.997	0.745	0.967	0.053	1.020	360	367	36525
	B.727	37.28	80.5	72.7	40.25	36.35	1.079	0.975	2.502	0.750	3.252	11000	35776	
	B.737	36.72	48	46.7	24	23.35	0.654	0.636	0.019	0.015	0.034	11200	382	

Tableau des iterations 5.4.3

hypothèse de calcul CBR = 5

c/ Détermination de l'épaisseur équivalente de renforcement e_r

P.O.R.	CBR	Epaisseur existante	Epaisseur nécessaire	e_r
I3	3	22	91	69
3I	5	30	63	33

d/ Structure de renforcement

POR	Matériaux	Epai. Réelle	CE	Ep. Equi-
I3	Béton bitumineux 0/I4	6	2	12
	Grave bitume 0/20	18	1,5	27
	Grave concassée 0/3I,5	30	1	30
TOTAUX		54	-	69
3I	Béton bitumineux 0/I4	6	2	12
	Grave bitume 0/20	14	1,5	21
TOTAUX		20	-	33

Tableau 5.4.5

5.4.2 Renforcement rigide

a/ Détermination de l'épaisseur de la dalle de béton

Compte tenu de la remarque (cf.532.a), on prend $K = 35 \text{ MN/m}^3$

Avion	$P_t(T)$	$P(T)$	$P'(T)$	$M_{mvt/j}$	CT	$P''(T)$	$h(\text{cm})$
B.727	80,5	38,5	19,25	4,5	1,069	18	25

Tableau 546

b/ Structure de renforcement

Dalle en béton de ciment d'épaisseur réelle de 25 cm.

6. DIMENSIONNEMENT DE NOUVELLES AIRES DE MOUVEMENT

Le dimensionnement des infrastructures (bretelle, aire de stationnement, accotements stabilisés et bandes anti-souffle) tiendra compte des conclusions du paragraphe 5.

6.I Bretelle de liaison

C'est une chaussée neuve qui peut-être souple ou rigide.

6.I.I Chaussée souple

a/ Détermination de l'épaisseur équivalente

Il s'agit d'une chaussée neuve dont l'épaisseur équivalente est de 138 cm (cf tableau 5.2, hypothèse de calcul CBR = 3).

b/ Epaisseur des matériaux traités

e (cm)	C.B.R.	e _t
138	3	34

Tableau 6I1

c/ Structure de la chaussée

Matériaux	ep. réelle (cm)	CE	ep. équivalente
Béton bitumineux 0/14	6	2	12
Grave bitume 0/20	18	1,5	27
Grave concassée 0/31,5	57	1	57
Grave concassée 0/50	56	0,75	42
TOTAUX	136	-	138

Tableau : 6I2

6.I2 Chaussée rigide

a/ Détermination du module de réaction corrigé K

Epaisseur de la couche de fondation	K ₀	K
40	20	50

Tableau 6.I.3

b/ Détermination de l'épaisseur de la dalle de béton

Type d'avion	Pt (T)	P (T)	P' (T)	M _{mvt/j}	CT	P'' (T)	h (cm)
B727.ADV.200	80,5	38,5	38,5	3	I,105	34,9	32

Tableau 6.1.4 Hypothèse de calcul ($\bar{\sigma}_{bt} = 3,1$ MPA, $K = 50$ MN/m³)

c/ Structure de la chaussée

Matériaux	Epaisseur réelle (cm)
Béton de ciment	32
Grave-ciment 0/20	20
Grave concassée 0/31,5	10
TOTAL	62

Tableau 6.1.5

6.2 Aire de stationnement

6.2.1 Chaussée souple

a/ Détermination de l'épaisseur équivalente

* Choix de l'épaisseur initiale e_0 pour le calcul itératif de l'épaisseur

Type d'avion	Pt (T)	P (T)	P' (T)	M _{mvt/j}	CT	P'' (T)	e_0
B707.320 B	150	69	75,9	0,197	I,341	56,6	136
B727ADV200	80,5	38,5	42,35	6,027	I,044	40,56	143
B737.200	48	22,2	24,42	6,137	I,042	23,44	100

Tableau 6.2.1 Hypothèse de calcul CBR = 3

L'épaisseur maximale est trouvée pour le B.727.ADV.200: 143 cm, le calcul itératif se fera à partir de 145 cm avec un pas d'itération de 2 cm.

L'épaisseur équivalente recherchée est de 146 cm (cf Tableau d'itération 62P)

Ep. Eq (cm)	TYPE D'avion	P ₀ (T)	P _B (T)	P _A (T)	P' _D (T)	P' _A (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D+A			
145	B. 707	135.7	150	112	165	123.2	1.216	0.908	12.023	0.347	12.370	360	4453	
	B. 727	79.5	80.5	72.7	88.6	80	1.115	1.006	3.758	1.072	4.830	11000	53130	
	B. 737	82.07	48.0	46.7	52.8	51.4	0.643	0.626	0.016	0.014	0.030	11200	336	
													57919	
147	B707	137.54	150	112	165	123.2	1.200	0.896	10.000	0.302	10.302	360	3709	
	B727	83.68	80.5	72.7	88.6	80	1.059	0.956	1.972	0.603	2.275	11000	28325	
	B737	86.39	48	46.7	52.8	51.4	0.611	0.595	0.011	0.009	0.020	11200	224	
													32258	

Tableau des iterations

6.2.2

hypothèse de calcul CBR = 3

Ep. Eq (cm)	TYPE D'avion	P ₀ (T)	P _B (T)	P _A (T)	P' _D (T)	P' _A (T)	R		CP			n	n'	Trafic Eq. Total
							D	A	D	A	D+A			
110	B. 707	89.1	150	112	105	78.4	1.178	0.880	7.762	0.251	8.013	360	2885	
	B 727	52.3	80.5	72.7	56.4	50.9	1.078	0.973	2.455	0.735	3.190	11000	35090	
	B 737	51.8	48	46.7	33.6	32.7	0.649	0.631	0.018	0.014	0.032	11200	358	
													38333	
112	B. 707	91.3	150	112	105	78.4	1.150	0.859	5.627	0.197	5.824	360	2096	
	B 727	53.3	80.5	72.7	56.4	50.9	1.058	0.955	1.953	0.595	2.548	11000	28028	
	B 737	54.0	48	46.7	33.6	32.7	0.622	0.606	0.013	0.011	0.024	11200	265	
													30389	

Tableau des iterations

6.3.2

hypothèse de calcul CBR = 3

b/ Epaisseur des matériaux traités

Epaisseur équivalente	C.B.R	Epaisseur traitée
146 cm	3	37 cm

Tableau 6.2.3

c/ Structure de la chaussée

Matériaux	ep. réelle (cm)	CE	ep. équivalente (cm)
Béton bitumineux 0/14	6	2	12
Grave-bitume 0/20	18	1,5	27
Grave concassée 0/31,5	62	1	62
Grave concassée 0/50	60	0,75	45
TOTAUX	146	-	146

Tableau 6.2.4

6.22 Chaussée rigide

a/ Détermination du module de réaction corrigé K'

$$K = 50 \text{ MN/M}^3$$

cf tableau 6.1.3.

b/ Détermination de l'épaisseur de la dalle de béton

Type d'avion	Pt (T)	P (T)	n _{mvt} /j	CT	P'' (T)	h	P' (T)
B727ADV200	80,5	38,5	3	1,105	38,33	33	42,35

Tableau 6.2.5

c/ Structure de la chaussée

Matériaux	Epaisseur réelle (cm)
Béton-ciment	33
Grave-ciment 0/20	20
Grave concassée 0/31,5	10
TOTAL	63

Tableau 626

6.3 Accotements stabilisés et bandes anti-souffle

6.3.1 Raison de substitution des accotements existants

Vu les dégradations très avancées des accotements existants, on propose d'utiliser une substitution qui consiste à détruire la chaussée existante et à reconstruire une chaussée neuve au même niveau.

6.3.2 Chaussée souple

a/ Détermination de l'épaisseur équivalente

* Choix de l'épaisseur initiale e_0 pour le calcul itératif de l'épaisseur.

Type d'avion	Pt (T)	P (T)	P' (T)	η (mvt/j)	CT	P'' (T)	e_0 (cm)
B707.320.B	150	69	48,3	0,197	1,341	36,0	97
B727ADV.200	80,5	38,5	27,0	6,027	1,044	25,9	108
B737.200	48	22,2	15,5	6,137	1,042	14,9	77

Tableau 631 Hypothèse de travail CBR = 3

L'épaisseur maximum est trouvée pour le B727.ADV.200 : 108 cm.

Le calcul itératif se fera à partir de 110 cm avec une itération de 2 cm.

L'épaisseur équivalente recherchée est de 111 cm (cf tableau 6.3.1).

b/ Epaisseur des matériaux traités

Epaisseur équivalente	CBR	Epaisseur traité
111 cm	3	27 cm

Tableau 6.3.3

c/ Structure de la chaussée

Matériaux	Ep. réelle (cm)	CE	Ep. équivalente (cm)
Béton bitumineux 0/14	6	2	12
Grave bitume 0/20	18	1,5	27
Grave concassée 0/31,5	42	1	42
Grave concassée 0/50	40	0,75	30
TOTAUX	106	-	115

Tableau 6.3.4.

6.3.3. Chaussée rigide

a/ Détermination du module de réaction corrigé K

$K = 50 \text{ MN/m}^3$ (cf tableau 6.13)

b/ Détermination de l'épaisseur de la dalle de béton

Type d'avion	P _t (T)	P (T)	P' (T)	n _{mvt/j}	CT	P'' (T)	h (cm)
B727ADV.200	80,5	38,5	26,95	3	1,105	29,3	26

Tableau 6.3.5

c/ Structure de la chaussée

Matériaux	Epaisseur réelle (cm)
Béton de ciment	26
Grave -ciment 0/20	20
Grave concassée 0/31,5	10
TOTAL	56

Tableau 6.3.6

6.4 Tableau récapitulatif

6.4.1 Matériaux traités

Infrastructure	Bretelle	Aire de stationnement	Accotements stabilisés bandes anti souffle
e	138	146	III
CBR	3	3	3
E _t	35	37	27

Tableau 6.4.1

6.4.2 Structure de la chaussée

Structure	Souple				Rigide		
	Infra-structure	matériaux	épaisseur réelle	C.E	épaisseur équivalente	matériaux	épaisseur réelle
Bretelle		B.B. 0/14	6	2	12	béton de ciment	32
		G.B. 0/20	18	1.5	25	grave ciment 0/20	20
		G.C. 0/31.5	57	1	57		
		G.C. 0/50	56	0.75	42	G.C.: 0/31.5	10
Totaux			136		138		62
Aire de stationnement		B.B.: 0/14	6	2	12	béton de ciment	33
		G.B.: 0/20	18	1.5	27	grave ciment 0/20	20
		G.C. 0/31.5	62	1	62		
		G.C.: 0/50	60	0.75	45	G.C.: 0/31.5	10
Totaux			146		146		63
Accotements stabilisés bandes anti-soufle		B.B.: 0/14	6	2	12	béton de ciment	26
		G.B.: 0/20	18	1.5	27	grave ciment 0/20	20
		G.C.: 0/31.5	42	1	42		
		G.C.: 0/50	40	0.75	30	G.C.: 0/31.5	10
Totaux			106		111		56

Tableau 6.4.2

structure de la chaussée

Remarque :

La chaussée de l'aire de stationnement concernant l'aviation légère aura les mêmes constitutions que les bandes anti-soufle.

CHAPITRE IV:

TERRASSEMENTS

1. GENERALITES

Les terrassements, partie importante dans l'étude du projet, sont établis à partir de deux éléments fondamentaux. Le premier est l'étude géométrique qui consiste en la détermination du volume des terres à déplacer (remblais et déblais) et les distances de transport pour l'évaluation économique. Le second est le rapport de sol qui nous renseigne sur la nature des matériaux.

L'opération de terrassement proprement dite est un décapage des terres végétales renfermant généralement une importante quantité d'eau pouvant causer de sérieux dégâts aux chaussées par action du gel.

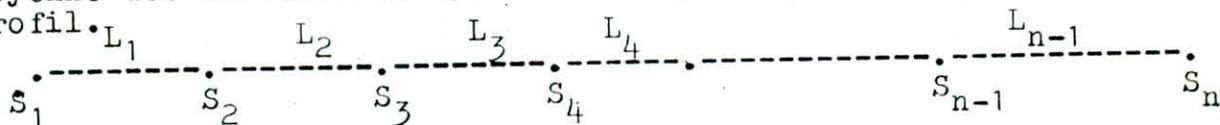
Ces décapages se feront sur les zones de remblais et les volumes récupérés peuvent servir pour revêtir les talus qui tiendront mieux par la poussée de végétation.

2. CALCUL DES CUBATURES

Nous avons fait des profils en travers courants sur les différentes infrastructures afin de permettre l'évaluation de volumes de terres entre profils.

La méthode dite "moyenne des aires" a été retenue pour le calcul des cubatures.

Cette méthode consiste à faire l'évaluation approximative du cube de terre compris entre deux profils, en faisant le produit de la moyenne des sections de chacun d'eux par la longueur de l'autre profil.



Le volume V sera alors:

$$V = S_1 \cdot \frac{L_1}{2} + S_2 \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2} + \dots + S_n \cdot \frac{L_{n-1}}{2}$$

Dans notre cas, nous évaluerons les volumes de terre pour une bretelle, un parking ainsi qu'une piste-POR.

Les tableaux 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 et 2.6 donnent les valeurs chiffrées des terrassements pour chaque infrastructure.

3. SCARIFICATION ET COMPACTAGE

3.1 Scarification des revêtements existant

La mise en oeuvre des graves concassées sur les chaussées à renforcer sera précédée de la scarification du revêtement existant. Cette opération sera exécuter mécaniquement. La surface ainsi sca-

N° Profil	Distance entre profil	Longueur d'application	Remblais	
			Surface m ²	Cube m ³
0	.....	10	95,770	958
20	20	20	53,383	1068
40	20	20	53,125	1063
60	20	20	53,279	1066
80	20	20	51,198	1024
100	20	20	49,290	986
120	20	20	48,774	975
140	20	20	42,591	852
160	20	20	39,753	795
180	20	20	37,025	741
200	20	20	34,281	686
220	25	22,5	31,269	704
245	.....	12,5	37,360	467
TOTAL	245	245		11385

Tableau 2.1: Bretelle

N° Profil	Distance entre profil	Longueur d'application	Remblais	
			Surface m ²	Volume m ³
- 60	..... 60	30	114,313	3429
0,00	..... 100	80	129,676	10374
100	..... "	100	114,352	11435
200	..... "	"	132,853	13285
300	..... "	"	134,159	13416
400	..... "	"	134,850	13485
500	..... "	"	125,191	12519
600	..... "	"	118,799	11880
700	..... "	"	122,990	12299
800	..... "	"	119,235	11924
900	..... "	"	125,523	12552
1000	..... "	"	130,450	13045
1100	..... "	"	139,350	13935
1200	..... "	"	111,813	11181
1300	..... "	"	91,345	9135
1400	..... "	"	77,062	7706
1500	..... "	"	64,546	6455
1600	..... "	"	56,675	5668
1700	..... "	"	55,779	5578
1800	..... "	"	55,951	5595
1900	..... "	"	50,251	5025
2000	..... "	"	54,236	5424
2100	..... "	"	57,837	5784
2200	..... "	"	52,820	5282

Tableau 2.2 Piste 13/31 + POR

N° Profil	Distance entre profil	Longueur d'application	Remblais	
			Surface m ²	Volume m ³
2300	..... 100	100	61,270	6127
2400	..... "	"	67,302	6730
2500	..... "	"	73,302	7330
2600	..... "	"	69,293	6229
2700	..... "	"	66,306	6631
2800	..... "	"	26,847	2685
2900	..... 60	80	35,588	3559
2960	.....	30	51,085	5109
TOTAL				271511

Tableau 2.2 Piste 13/31 + POR

N° Profil	Distance entre profil	Longueur d'application	Remblais	
			Surface m ²	Volume m ³
I	..... 75	37,5	115,702	4339
II	..... 50	62,5	115,702	7231
III	..... "	50	107,618	5381
IV	..... "	"	115,502	5775
V	..... "	"	134,850	6743
VI	..... "	25	126,288	3157
TOTAL	.....			32625

Tableau 2.3: Parking

		Désignation	Surfaces (m ²)	Épaisseur réelle (m)	Volumes (m ³)
PISTE		P.O.R:13	2700	0.45	1458
		Raquette:13	4128	1.05	4334
	Piste 13/31	0 ÷ 1250	56250	1.05	59063
		1250 ÷ 1700	20250	0.64	12960
		1700 ÷ 2900	54000	0.53	28620
		Raquette:31	4128	0.53	2188
		P.O.R:31	2700	0.20	540
		Accotements	43500	1.06	46110
Bretelle		Bretelle	6125	1.36	8330
		Bandes anti-souffle	3675	1.06	3896
AIRE DE STATIONNEMENT		Zone principale	23750	1.46	34675
		Zone aviation légère	2375	1.06	2518
		Bandes anti-souffle	2212	1.06	2345
		TOTAL			207037

Structure souple

		Désignation	Surfaces (m ²)	Épaisseur réelle (m)	Volumes (m ³)
PISTE		P.O.R:13	2700	0.25	675
		Raquette:13	4128	0.33	1362
	Piste 13/31	0 ÷ 1250	56250	0.33	18563
		1250 ÷ 1700	20250	0.33	6683
		1700 ÷ 2900	54000	0.33	17820
		Raquette:31	4128	0.33	1362
		P.O.R:31	2700	0.25	675
		Accotements	43500	0.56	24360
BRETELLE		Bretelle	6125	0.62	3798
		Bandes anti-souffle	3675	0.56	2058
AIRE DE STATIONNEMENT		zone principale	23750	0.63	14963
		zone aviation légère	2375	0.56	1336
		Bandes anti-souffle	2212	0.56	1239
		TOTAL			94888

structure rigide

Tableaux 2.4

Désignation	Structure souple				Structure rigide			Imprégnation (m ²)	Accrochage (m ²)	
	G.C 0/50 (m ³)	G.C 0/31.5 (m ³)	G.B 0/20 (d=2.4) T	B.B. 0/14 (d=2.4) T	B. ciment (m ³)	G. Ciment (d=2.4) T	G.C 0/31.5 (m ³)			
P.O.R : 13	-	810	1166	389	675	-	-	2700	2700	
P.O.R : 31	-	-	907	389	675	-	-	2700	2700	
Piste 13/31	0 ÷ 1250	25875	19688	24300	8100	18563	-	-	56250	56250
	1250 ÷ 1700	-	8100	8748	2916	6683	-	-	20250	20250
	1700 ÷ 2900	-	15660	23328	7776	17820	-	-	54000	54000
Accotements	17400	18270	18792	6264	11310	20880	4350	43500	43500	
Bretelle	3430	3491	2646	882	2021	2940	613	6125	6125	
Bandes anti-souffle	1470	1544	1588	529	956	1764	368	3675	3675	
Zone principale	14250	14725	10260	3420	7838	11400	2375	23750	23750	
Zone aviation légèr	950	998	1026	342	618	1140	238	2375	2375	
Bandes anti-souffle	885	929	956	319	575	1062	221	2212	2212	
TOTAUX	64260	84215	93717	31326	67734	39186	8165	217537	217537	

Tableau 2.5 cubatures

Remarque :

- 1/ L'imprégnation sera réalisée avec un bitume très fluide 0/1 ou 10/15 (cut-backs) sur la couche de grave concassée non traitée.
- 2/ La couche d'accrochage sera réalisée avec un émulsion cationique de bitume 60/70 à raison de 300g de bitume résiduel par mètre-carré. Elle sera exécutée sur la couche de grave bitume 0/20 avant mise en oeuvre du béton bitumineux.

Désignation des ouvrages	Surfaces (m ²)	Profondeur (m)	Volume (m ³)
Piste 13/31	317100	0,20	63420
Bretelle	8470	0,20	1694
Aire de stationnement	28956	0,20	5791
TOTAUX	354526		70905

Tableau 2.6: Décapage de la terre végétale

Tableau récapitulatif

Lieu du terrassement	Déblais (m ³)	Remblais (m ³)	Lieu du terrassement	Déblais (m ³)	Remblais (m ³)
Piste + POR	0	271511	Piste + POR	0	271511
Bretelle	0	11385	Bretelle	0	11385
Aire de stationnement	0	32625	Aire de stationnement	0	32625
Corps de chaussée	207037	0	Corps de chaussée	94884	0
Terres végétales	70905	0	Terres végétales	70905	0
TOTAUX	277942	315521	TOTAUX	165793	315521
Volume total des remblais		37579	Volume total des remblais		149728

a) Structure souple

b) Structure rigide

Remarque:

Les matériaux des déblais jugés utiles seront utilisés en remblais. Mais, on signale que l'affectation des déblais ne peut se faire que sur ordre de l'ingénieur et aussi suivant la nature du matériaux.

rifiée sera nivelée et compactée avant la mise en oeuvre des graves concassées.

3.2 Compactage du fond de forme

Le fond de forme des chaussées aéronautiques (pistes, bretelles, aire de stationnement, POR, accotements stabilisés, bandes anti-souffles) recevra un complément de compactage sur une épaisseur de (20-30) cm.

Le compactage sera poursuivi jusqu'à l'obtention d'une compacité égale à 95% de l'OPM.

Le tableau 3.1 donne les résultats obtenus:

Désignation des ouvrages	Surface totale (m ²)	Scarification (m ²)	Compactage de fond de forme
Piste	180900	137400	4350
Bretelle	9800	-	9800
Aire de stationnement	28337	-	28337
Totaux	219037	137400	42487

Tableau 3.1

4. SURFACE ANTI-KEROSENE

Les postes de l'aire de stationnement seront traités par des produits anti-kérosène superficiels, agréés par l'ingénieur.

Les surfaces protégées figurent sur le plan N°5

$$S = 250 \times \frac{95}{2} = 11875 \text{ m}^2$$

5. METRE

Le métré est le calcul quantitatif (par nature de chaque ouvrage) des valeurs de base pour l'estimation du projet. Les métrés sont établis sur la base des prix de référence données dans les bordereaux.

Les tableaux 5.1 et 5.2 donnent les valeurs des métrés pour chacune des infrastructures projetées.

	Designation des ouvrages	U	Quantité	Prix unitaire D.A	Prix Total D.A
terrassement	Décapage de la terre végétale	m ²	354526	4	1418104
	Remblais d'emprunt	m ³	37579	25	939475
	Compactage de fond de forme	m ²	42487	20	849740
chaussée	Scarification du revêtement existant	m ²	137400	6	824400
	Grave concassée: 0/50	m ³	64260	75	4819500
	Grave concassée: 0/31,5	m ³	84215	28	235820
	Imprégnation	m ²	217537	5	1087685
	Grave bitume: 0/20	T	93717	140	13120380
	couche d'accrochage	m ²	217537	5	1087685
	Beton bitumineux: 0/14	T	31326	650	20361900
	Protection anti-kérozene	m ²	11875	24	285000
Total					47151889

chaussée souple

	Designation des ouvrages	U	Quantité	Prix unitaire D.A	Prix Total D.A
terrassement	Décapage de la terre végétale	m ²	354526	4	1418104
	Remblais d'emprunt	m ³	149728	25	3743200
	Compactage de fond de forme	m ²	42487	20	849740
chaussée	scarification du revêtement existant	m ²	137400	6	824400
	Grave concassée: 0/31,5	m ³	8165	28	228620
	Imprégnation	m ²	81637	5	408185
	Grave ciment	T	39186	200	7837200
	Beton de ciment	m ³	67734	850	57573900
	/		-	-	-
	/		-	-	-
Total					72883349

chaussée rigide

Tableaux (5.1 - 5.2) estimatifs et quantitatifs

C O N C L U S I O N

Après avoir fait le bilan technique des aires de roulements et de stationnements concernant le type de chaussée le mieux adaptable, il est nécessaire de procéder à une étude économique détaillée.

Le choix définitif du type de chaussée sera fonction du rapport technico-économique.

Nous présentons ici, avant d'opter pour l'une ou l'autre chaussée, les principaux facteurs qui nous ont semblé capital pour le choix.

1. Coût de la construction

La comparaison des prix de revient respectifs d'une chaussée rigide (chapitre IV, tableaux 5.1 - 5.2) fait porter le choix d'une chaussée souple moins coûteux qu'une chaussée rigide.

2. Entretien

L'entretien des chaussées souples, beaucoup moins durables, est plus important que celui des structures rigides dont seul l'entretien des joints est relativement onéreux.

3. Destination de l'ouvrage

Certaines aires justifient aisément le choix d'un type de chaussée plutôt qu'un autre comme par exemple les aires de stationnements, exposées continuellement aux attaques de kérosène et huiles de verins qui sont des solvants bitumineux, doivent être préférentiellement en béton.

Seulement, il est possible de les construire en chaussée souple en assurant une protection spéciale, contre les solvants cités précédemment, grâce à un enduit superficiel ou en réalisant une couche de roulement avec un liant insensible au kérosène.

4. Les ressources locales en matériaux

L'utilisation des matériaux naturels locaux (T.V.O.) en couche de fondation (les résultats de laboratoire in-situ doivent confirmer cette utilisation) ainsi que l'approvisionnement facile en liant hydrocarboné (béton bitumineux 0/14 et grave bitumineux 0/20) avanta- gent le choix de la chaussée souple.

5. Le délai d'exécution

Les revêtements bitumineux (chaussée souple) nécessitent moins de terrassement (chapitre IV, tableau récapitulatif). L'exécution de ces derniers diminue les délais une fois mises en place les installations de chantier.

6. Les conditions météorologiques

La très faible pluviométrie dans la région (voir paragraphe 2.2.2, chapitre I) ne peut gêner en aucune manière les travaux d'exécution des couches nécessaires ainsi que leur compactage lors de l'exécution d'une chaussée souple.

7. Les possibilités de faisabilité des travaux

L'ensemble des travaux des revêtements rigides devant être exécuté en une seule étape, ceci nécessite une importante mobilisation matérielle et technique; ceci impliquera aussi une fermeture de l'aérodrome au trafic aérien pendant toute la durée des travaux.

Le revêtement souple peut, quant à lui être réalisé par tranche permettant le maintien même diminué du trafic aérien.

L'exploitation d'avions de faible tonnage (Foker 27 pour Air Algérie) demandant une distance maximale de décollage de 1100 m, à 30° et par vent nul permet de tronçonner la construction de la piste et maintient le trafic durant les travaux.

Si une longueur de piste de $(1100 + 300) = 1400$ m, libre de tous travaux suffit au mouvement des avions, il est possible de tronçonner la piste de Biskra en deux parties de 1400 m et 1500 m et donc procéder aux travaux en deux étapes. De plus, l'accès à l'aire de stationnement sera conservé grâce aux deux bretelles existantes.

8. Proposition d'exécution des travaux

Nous proposons dans ce qui suit une hypothèse susceptible d'orienter les travaux en phase:

- Première étape

- renforcement de la partie Nord-Ouest (N/W) de la piste sur 1500 m.
- ↳ construction de la nouvelle aire de manoeuvre (bretelle et aire de stationnement

Le trafic se fera sur les 1400 m de piste de la partie Sud-Est.

- Seconde étape

- renforcement de la partie Sud-Est (S/E).

les avions se poseront sur les 1500 m de piste de la partie Nord-Ouest

De plus, selon l'avancement des travaux, le stationnement sur l'ancien ou le nouveau parking se fera.

9. Renforcement ultérieur des chaussées

Le renforcement de la chaussée souple est relativement facile. De plus, il est aisé de réaliser le raccordement de la couche de béton bitumineux avec les ouvrages en place.

Par contre, il est beaucoup plus difficile de renforcer la chaussée rigide car il est impossible de recouvrir l'ancienne chaussée par un revêtement ayant une même résistance.

Par conséquent, il faudra une nouvelle couche ayant sa propre résistance. De plus, si ce renforcement est exécuté en béton de ciment, son épaisseur doit varier entre 15 et 18 cm au minimum. Une telle surélévation pose souvent un problème de raccordement avec les zones non renforcées. D'autre part, il reste très difficile de faire coïncider les joints entre les dalles de renforcement et ceux de l'ancien revêtement.

10 Conclusion

Il en ressort aisément, après étude du rapport technico-économique du projet de réaménagement de l'aérodrome de Biskra, que le choix d'une structure souple est largement justifiable tant du point de vue financier (coût de réalisation et délai d'exécution plus faibles) que du point de vue économique (trafic aérien assuré durant les travaux).

Le seul inconvénient est dans l'entretien de la chaussée qui doit être très rigoureux et assez onéreux mais un meilleur suivi et la recherche de techniques simples utilisant les matériaux locaux et un matériel facilement manipulables affaiblissent cet inconvénient.

B I B L I O G R A P H I E

- Annexe I4, OACI, 1976.
- Manuels de conception des aérodromes, OACI, 1983.
- Conception, construction et gestion des aérodromes, G. MEUNIER, EYROLLES, 1969.
- Projet de tracé et de terrassement, R. ALLEGRET, EYROLLES, 1954.
- Manuel du laboratoire routier, R. PELTIER, DUNOD, 1959.
- Conception et construction des chaussées, Tome I, G. JEUFROY, EYROLLES, 1967.
- Dimensionnement des chaussées (Volume 1,2 et 3) STBA, 1983.
- Revue générale des routes et aérodromes.
- Bases aériennes, ABDUL-KARIM HALAB.
- Géotechnique de l'ingénieur, EYROLLES.
- Introduction à la géotechnique, H. CAMBEFORT, EYROLLES, 1971

