



Université Mohamed khider –Biskra

Faculté d'Architecture, de l'Urbanisme, de Génie Civil et de l'Hydraulique

Département de Génie civil et d'Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies

Filière : Travaux publiques

Spécialité : Voie et ouvrage d'art

Réf. :

Présenté et soutenu par :

DJEMAI Yousra GOURMI Souhaile

Le: mercredi 4 juin 2025

Etude de dédoublement d'un tronçon routier sur RN46A wilaya d'Ouled Djallal du PK104+000 au PK114+700

**Jury : président : Dr. BOURAOUI Zakaria
Examineur : Dr. BENSMAINE Aissa**

Encadreur :Dr. DRAM Abdelkader

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs Djihane, Diana et Yasmine et Hadda Nour pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mon chers frères, Monib, pour leur appui et leur encouragement,

A mon oncle Mohammed et mes tantes Aïcha et Maseouda Je vous dédie en termes de reconnaissance pour tout l'encouragement le soutien moral en témoignage de gratitude et d'attachement,

A ma chère ami Selsabil, merci pour ton soutien, ta présence et ta gentillesse,

A mon ami Bouabdallah saadi pour leur soutien moral,

A tous ceux et celles qui me sont chers.

Djemaï Yousra

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au niveau de DTP Ouled Djallal.

En premier lieu, nous remercions Dieu le Tout Puissant de nous avoir donné la volonté, la santé et la force pour réaliser ce travail,

On tient à remercier Mr Dram Abdelkader pour avoir accepté de nous encadrer, pour avoir dirigé ce travail, pour sa disponibilité, sa patience, ses précieux conseils qui ont largement contribué à la réalisation de ce travail.

On tient à remercier très sincèrement les ingénieurs de DTP pour faciliter le processus de collecte d'informations et de données.

Mes dettes de reconnaissance sont exprimées A tous les enseignants du département de Génie civil et d'Hydraulique qui nous ont enrichis de connaissances et de savoir.

Mes remerciements s'adressent, également, aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail

Enfin, nous voudrions tout autant exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Djemai Yousra

RESUME

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de l'Etat algérien pour le transport, et en particulier les routes.

Ce projet présente une étude détaillée d'une étude d'un dédoublement DE LA RN46A. TRONCON DE 10.700 km Doucen VERS Bir Naam en 2×2 voies, comme nous avons été chargés de réaliser une étude d'une partie de ce projet sur une distance de 10.700 km à partir du point PK 104+000 jusqu'au PK 114+700 avec Dalot.

Dans le cadre de cette étude, nous avons débuté par le calcul du trafic routier sur la RN 46A, suivi de son extrapolation à un horizon de 20 ans, en vue de dimensionner la structure du corps de chaussée de la route projetée. Ensuite, nous avons procédé à la conception du tracé en plan de l'axe de la route à l'aide du logiciel Covadis, en respectant les normes de tracé liées à la vitesse de base et à l'environnement traversé.

Enfin, nous avons clôturé cette étude par l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif du projet, permettant d'évaluer les besoins en matériaux, les volumes à déplacer ainsi que les coûts associés aux travaux de réalisation.

Abstract

Our final year project falls within the domain of Algerian state infrastructure for transportation, particularly roads.

This project presents a detailed study of the duplication of the RN46A over a 10.700 km section from Doucen to Bir Naam, converting it into a two-lane road. We were tasked with conducting a study of part of this project over a distance of 10.700 km, from kilometer point PK 104+000 to PK 114+700, including a culvert.

As part of this study, we began with the calculation of road traffic on the RN 46A, followed by its projection over a 20-year horizon in order to design the pavement structure of the proposed road.

Next, we designed the road axis layout using Covadis software, adhering to alignment standards related to the base speed and the traversed environment.

Finally, we concluded this study by preparing a quantitative and cost estimate for the project, which allowed us to evaluate the material requirements, the volumes to be moved, and the costs associated with the construction works.

ملخص

يَندرج مشروع تخرجنا ضمن مجال البنى التحتية التابعة للدولة الجزائرية في قطاع النقل، وخاصة فيما يتعلق بالطرق. يتضمن هذا المشروع دراسة تفصيلية لإنجاز طريق مضاعفة للطريق الوطني رقم A46، على مسافة 10.700 كلم، انطلاقاً من بلدية دوسن باتجاه بئر نعام، وذلك بإنجاز طريق مزدوج (2×2 مسالك).

وقد كُلفنا ضمن هذا الإطار بإنجاز دراسة هندسية لجزء من هذا المشروع على مسافة 10.700 كلم، انطلاقاً من النقطة الكيلومترية PK 104+000 إلى النقطة PK 114+700، مع تصميم منشأة مائية (دالو)

شملت الدراسة في بدايتها حساب الحركة المرورية على الطريق الوطني RN 46A ثم تم إسقاط هذه البيانات على مدى 20 سنة قادمة، بهدف تحديد بُنية الطبقات المكوّنة لجسم الطريق المستقبلي. بعد ذلك، تم تصميم مسار الطريق الأفقي باستخدام برنامج Covadis، مع الالتزام بالمعايير الهندسية الخاصة بالسرعة التصميمية وبطبيعة البيئة التي يمر عبرها الطريق

وفي ختام هذه الدراسة، تم إعداد كشف كمي وتقديري للمشروع، يُمكن من تحديد احتياجات المشروع من المواد، وحجم الأشغال الترابية، بالإضافة إلى التكاليف المالية اللازمة لإنجاز المشروع؟



LISTE DES FIGURES



Liste des figures

Chapitre I

Figure 1.1 : Wilayas limitrophes de la wilaya d' Ouled Djellal.....	02
Figure 1.2 : Localisation du projet.....	02
Figure 1.3 : Situation géographique.....	03

Chapitre II

Figure 2.1 : variation longitudinale du relief.....	07
Figure 2.2 : Sinuosité.....	08
Figure 2.3 : distance d'arrêt.....	12
Figure 2.4 : Route en déclivité.....	13

Chapitre IV

Figure 4.1 : Les différentes couches de la chaussée.....	28
Figure 4.2 : Structure corps de chaussée.....	29
Figure 4.3 : structure type d'une chaussée souple.....	29
Figure 4.4 : structure type d'une chaussée semi-rigide.....	30
Figure 4.5 : structure type d'une chaussée rigide.....	31
Figure 4.6 : Types de chaussées.....	31
Figure 4.7 : La démarche de catalogue.....	36
Figure 4.8 : L'épaisseur choisie méthode CBR.....	42
Figure 4.9 : Les zones climatiques en Alger.....	44
Figure 4.10 : L'épaisseur choisie par catalogue.....	45

Liste des figures

Figure 4.11 : Les charge applique de sol et la déformation de sol support.....	45
Figure 4.12 : Les résultats calculés avec le logiciel ALIZE LCPC	49

Chapitre V

Figure 5.1 : Les éléments du trace en plan.....	52
Figure 5.2 : Eléments de la Clothoïde.....	57
Figure 5.3 : Courbe de raccordement clothoïde	59
Figure 5.4 : Courbe en S.....	61
Figure 5.5 : Courbe à sommet.....	61
Figure 5.6 : Courbe en C.....	62
Figure 5.7 : Courbe en ovale.....	62
Figure 5.8 : Elément de profil en long.....	65
Figure 5.9 : les éléments de profil en travers.....	72
Figure 5.10 : les éléments composés du profil en travers type.....	74
Figure 5.11 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné.....	76
Figure 5.12 : profil en long cas mixte avec profil fictif.....	76
Figure.5.13 : Profil en travers Déblais.....	78
Figure.5.14 : Profil en travers Remblai.....	79

Chapitre VI

Figure 6.1 : Différente couche de la corp de chaussée.....	80
Figure 6.2: les phases de l'essai analyse granulométrique.....	84
Figure 6.3 : les différents états de consistance.....	86
Figure 6.4 : Détermination de la limite d'Alterberg	86

Liste des figures

Figure 6.5 : les phases de l'essai VBS.....	88
Figure 6.6 : les phases de l'essai de LOS ANGELOS.....	91
Figure 6.7 : Matériaux utilisés.....	92

Chapitre VII

Figure 7.1 : Schéma à différent type de dalot.....	98
Figure 7.2 : Schéma du dalot.....	99
Figure 7.3: Le choix des goussets angle supérieur.....	100
Figure 7.4: Le choix des goussets angle inférieur.....	100
Figure 7.5 : Action de la poussée des terres sur le dalot.....	101
Figure 7.6 : coupe longitudinale et transversale de dalot N°1	102
Figure 7.7 : coupe longitudinale et transversale de dalot N°2	103
Figure 7.8: coupe longitudinale et transversale de dalot N°14.....	103
Figure 7.9: coupe longitudinale et transversale de dalot N°4 et 6 et 8.....	103
Figure 7.10: coupe longitudinale et transversale de dalot N°5	104
Figure 7.11: coupe longitudinale et transversale de dalot N°7	104

Chapitre VIII

Figure 8.1 : Ligne discontinue.....	108
Figure 8.2 : Ligne continue.....	108
Figure 8.3 : Ligne « continue et discontinue».....	108
Figure 8.4 : Flèche de rabattement et flèche sélection.....	110



LISTE DES TABLEAUX



Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1.1 : Renseignement récapitulatif sur la willaya d' Ouled Djellal.....	03
---	----

Chapitre II

Tableau 2.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne.....	07
Tableau 2.2 : Classification de la sinuosité moyenne.....	08
Tableau 2.3 : TYPE D'Environnement.....	09
Tableau 2.4: valeurs des vitesses de base selon B40.....	10
Tableau 2.5 : hauteur de l'œil et des obstacles.....	10
Tableau 2.6 : temps de perception-réaction.....	11
Tableau 2.7: selon le B40 valeur <i>fl</i> et <i>ft</i>	12
Tableau 2.8 : Les valeurs des paramètres de base calculés selon B40.....	14
Tableau 2.9 : Rayons en plan et devers associés selon B40.....	15

Chapitre III

Tableau 3.1 : Coefficient d'équivalence P.L/UVP.....	19
Tableau 3.2 : Coefficient d'équivalence en fonction de l'environnement de la route.....	19
Tableau 3.3 : valeurs de K1 selon la classe de l'environnement.....	20
Tableau 3.4 : valeurs de K2 selon l'environnement et la catégorie de la route.....	21
Tableau 3.5 : valeur de capacité théorique C_{th}	21
Tableau 3.6 : récapitulatif des résultats de notre projet.....	24

Chapitre IV

Tableau 4.1 : Coefficient d'équivalence des matériaux.....	35
Tableau 4.2 : La classe de trafic.....	37
Tableau 4.3 : Valeurs du coefficient d'agressivité A.....	38
Tableau 4.4 : Classe de portance des sols.....	38
Tableau 4.5 : Choix de la couche de forme (Amélioration de la portance du sol support.).....	39

Tableau 4.6: Les caractères des zones climatique en Algérie.....	40
Tableau 4.7 : Classe de sols support selon le module E.....	40
Tableau 4.8 : Résultat de dimensionnement par la Méthode CBR.....	41
Tableau 4.9 : La classe de trafic.....	42
Tableau 4.10 : La classe portance de sol.....	43
Tableau 4.11: Amélioration de la portance du sol support est : S2.....	44
Tableau 4.12 : Températures équivalents Θ_{eq}	45
Tableau 4.13 : Risque adoptés pour réseau RP1.....	46
Tableau 4.14: valeurs de t.....	46
Tableau 4.15: Valeurs du coefficient d'agressivité A.....	46
Tableau 4.16 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....	46
Tableau 4.17: Les résultats de la méthode retenue.....	50

Chapitre V

Tableau 5.1. : Coefficient de frottement transversal.....	54
Tableau 5.2. : Divers maximal.....	54
Tableau 5.3 : Valeur du dévers – Norme B40	55
Tableau 5.4 : recapitule les rayons du tracée en plan.....	56
Tableau 5.5 : Déclivité maximale Selon le B40.....	68
Tableau 5.6 : les valeurs des différentes courbes calculés et selon le B40.....	75

Chapitre VI

Tableau 6.1 : Classification des soles selon leur granulométrie.....	83
Tableau 6.2 : Classe granulaires, poids d'échantillons et boulets équivalent.....	90
Tableau 6.3 : Classe granulaires, poids d'échantillons et boulets équivalent.....	93
Tableau 6.4: Les résultats des essais de laboratoire.....	94
Tableau 6.5 : Résultats de l'essai (limite d'Atterberg).....	94
Tableaux 6. 6 : Résultats de l'essai (Proctor).....	94

Tableaux 6. 7 : Résultats d'échantillon N°01 (sondage n°01 pondeur 1350 à 1375).....	95
Tableaux 6. 8 : Résultats d'échantillon N°02 (sondage n°02 pondeur 7.6 à 7.9).....	96

Chapitre VIII

Tableau 8.1 : Caractéristiques des lignes discontinu.....	108
--	-----



NOMENCLATURE



C : catégorie de la route	Teff : trafic effective à l'année horizon
E : environnement de la route	Z : pourcentage de poids lourds
Vr : vitesse de référence (de base)	P : coefficient d'équivalent
τ : le taux de croissance	Q : débit de point horaire
R : rayon de l'axe de route	Qsat : débit de saturation
Δd : variation de dévers	PL : poids lourds
L : largeur de chaussée	K1 : coefficient lié à l'environnement
Rhm : rayon horizontal minimal	K2 : coefficient de réduction de
Rhn : rayon horizontal normal	N : durée de vie
Rhd : rayon horizontal déversé	TJMA : trafic journalier moyen annuel
Rhnd : rayon horizontal non déversé	P : pourcentage de poids lourds
Fl : coefficient de frottement longitudinal	ICBR : indice CBR
Ft : coefficient de frottement transversal	CB : couche de base
dmax : devers maximal	CR : couche de roulement
dmin : devers minimal	RP1 : réseau principal de niveaux 1
S : sur largeur	v/j : l'unité véhicule par jour
d : distance d'arrêt	RN : route nationale
g : l'accélération en m/s	E_{eq} : épaisseur équivalent capacité
p : charge par roue	GC : grave concassé
Teq : température équivalent	GNT : grave non traité
Tpl : trafic de poids lourd à l'année de mise en service	GB : grave bitume
CF : couche de fondation	BB : béton bitumineux
Imax : déclivité maximale	T : température
Imin : déclivité minimale	E(Mpa) : portance de sol support de chaussée
TN : terrain naturel	NPL : nombre de poids lourds
SD : section déblai	TPLi : classe de trafic
SR : section remblai	CBR : Californian Bearing Ratio
V : volume de terrassement	$\epsilon_{z.adm}$: La déformation admissible sur le sol support.
Tn : est trafic à l'année n	$\epsilon_{t.adm}$: La déformation admissible à la base de grave bitume.
T0 : est trafic à l'arrivée pour l'origine	
TJMAh : le trafic à l'année horizon	
TJMA0 : le trafic à l'année de référence	
N : nombre d'année	

PICF : Passage Inférieur à Cadre Fermé.

Kp : Le coefficient de poussé.

L : Longueur ou portée.

G : charges permanentes.

BAEL : Béton Armé aux Etats limites.

NOMENCLATURE

Sommaire

Dédicace

Remerciement

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Introduction Générale

Chapitre I : Présentation du projet

1.1.	Introduction.....	1
1.2.	Présentation de la Wilaya de Ouled Djellal.....	1
1.3.	Présentation générale du projet.....	2
1.4.	Localisation du projet.....	3
1.5.	Aperçu sur la wilaya de Ouled Djellal.....	4
1.6.	Climat de la willaya.....	4
1.7.	Population.....	4
1.8.	Réseau routier.....	4
1.9.	Objectif du projet.....	4

Chapitre II : Paramètres de base

2.1.	Paramètres de base.....	6
2.1.1.	Caractéristiques du projet.....	6
2.1.2.	Classification par catégorie de la route.....	6
2.1.3.	Environnement de la route.....	7

2.1.3.1. Application au projet.....	9
2.1.4. Cinématique de véhicule.....	9
2.1.4.1. Vitesse de base (VB) ou Vitesse de référence (VR)	9
2.1.4.2. Hauteur de l'œil et des obstacles.....	10
2.1.4.3. Temps de perception-réaction.....	11
2.1.4.3. Le coefficient de frottement longitudinal.....	11
2.1.4.4. Le coefficient de frottement transversal f_t	12
2.1.4.5. Distance de freinage d_0	12
2.1.4.7. La distance d'arrêt d_1	13
2.1.4.8. La distance d'arrêt en courbe d_2	13
2.2. Conclusion.....	14

Chapitre III : Etude de trafic

3.1. Introduction.....	16
3.2. Analyse des trafics	16
3.2.1. Différents types du trafic.....	16
3.3. Modèles de présentation de trafic.....	17
3.3.1. Prolongation de l'évolution passée	17
3.4. Calcul de la capacité	18
3.5. Procédure de détermination de nombre de vois.....	18
3.5.1. Calcul du (TJMA) horizon	18
3.5.2. Calcul de trafic effectif	19
3.5.3. Débit de point horaire normal	20
3.5.4. Débit horaire admissible.....	20
3.5.5. Détermination de nombre de voie.....	21

3.6.	Application au projet	22
3.6.1.	Données de trafics.....	22
3.6.2.	Application sur la liaison pénétrante.....	22
3.7.	Conclusion.....	24

Chapitre IV: Dimensionnement du corps de chaussée

4.1.	Introduction.....	25
4.2.	Définition.....	25
4.2.1.	Au sens géométrique.....	25
4.2.2.	Au sens structurel.....	26
4.3.	Classification des chaussées	26
4.3.1.	Chaussée souple.....	26
4.3.2.	Chaussée semi-rigide	29
4.3.3.	Chaussée rigide.....	30
4.4.	Les paramètres de dimensionnement des chaussées.....	32
4.5.	Méthode de dimensionnement de corps de chaussée	32
4.5.1.	Les Méthodes Théoriques.....	32
4.5.2.	Les Méthodes Empiriques (Classiques).....	32
4.5.3.	Les méthodes semi-empiriques.....	33
4.5.3.1.	La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).....	33
4.5.3.2.	Détermination des épaisseurs des couches.....	34
4.5.3.3.	Coefficient d'équivalence.....	34
4.5.4.	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)	35
4.5.4.1.	la démarche du catalogue.....	36

4.5.4.2.	Détermination du type de réseau.....	36
4.5.4.3.	Détermination de la classe de trafic.....	37
4.5.4.4.	Calcule du trafic cumulé équivalent.....	37
4.5.4.5.	Détermination de la portance de sol support de chaussée.....	38
4.5.4.5.1.	Présentation des classes de portance des sols	38
4.5.4.5.2.	Portance de sols terrassés.....	39
4.5.4.5.3.	Sur classement des sols supports de chaussées.....	39
4.5.4.6.	Détermination de la Zones climatiques.....	39
4.6.	Application projet	40
4.6.1.	Méthode de CRB.....	41
4.6.2.	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)	42
4.7.	Choix des différentes couches constituantes de la chaussée.....	44
4.7.1.	Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support.....	45
4.7.2.	Calcul du trafic cumule de poids lourd (TCI)	47
4.7.3.	Calcul du trafic cumule équivalent (TCEI).....	47
4.7.4.	Calcul de la déformation admissible au niveau du sol support	47
4.7.5.	Calcul de la déformation admissible pour les matériaux bitumineux.....	47
4.7.6.	Résultats de calcul par alize LCPC	48
4.8.	Conclusion	
	50

Chapitre V: Etude géométrique

5.1. Introduction	51
5.2. Trace en plan.....	51
5.2.1. Définition	51
5.2.2. Règles à respecter dans la trace en plan.....	51
5.2.3. Les éléments du trace en plan	52
5.3. Visibilité masquée dans une sinuosité	56
5.4. Distance de la visibilité.....	57
5.5. Sur largeur	57
5.6. Les courbes de raccordement	58
5.7. Eléments de la Clothoïde.....	59
5.7.1. Les conditions de raccordement.....	59
5.7.1.1. Condition optique.....	60
5.7.1.2. Condition de confort dynamique.....	60
5.7.1.3. Condition de gauchissement.....	60
5.8. Combinaison des éléments du tracé en plan.....	61
5.9. Notion de devers.....	62
5.10. La vitesse de référence (de base)	64
5.11. PROFIL EN LONG.....	65
5.11.1. Définition	65
5.11.2. Règle a respecté dans la trace du profil en long.....	65
5.11.3. Les éléments de la composition du profil en long.....	66
5.11.4. Coordination du trace en plan et profil en long.....	66
5.11.5. Déclivité	67
5.12. Raccordement en profil en long.....	68
5.12.1. Raccordements convexes (angle saillant)	68

5.12.2. Condition de confort	68
5.12.3. Condition de visibilité	69
5.12.4. Le confort dynamique.....	69
5.12.5. Raccordements Concaves (Angle Rentrant)	70
5.12.5.1. Condition esthétique	70
5.13. PROFIL EN TRAVERS.....	71
5.13.1. Définition	71
5.13.2. Différente type de profils en travers	71
5.14. Les éléments de composition du profil en travers	72
5.15. Profil en travers de notre projet	74
5.16. CUBATURE.....	75
5.16.1. Introduction.....	75
5.16.2. Méthode de calcul des cubatures	75
5.17. Calcul des cubatures de projet	77
5.18. Conclusion	77

Chapitre VI: Géotechnique

6.1. Introduction	80
6.2. Objectifs.....	80
6.3. Réglementation Algérienne en géotechnique.....	81
6.4. Les différents essais en laboratoire	81
6.4.1. Les essais d'identification	81
6.4.2. Définitions des essais mécaniques.....	88
6.5. Résultat des essais au laboratoire	93
6.6. Conclusion	96

Chapitre VII: Ouvrage d'art (dalot)

7.1.	Définition d'un dalot.....	97
7.2.	Importance du Dalot.....	97
7.3.	Types de Dalots	97
7.3.1.	selon la Forme.....	97
7.3.2.	Types selon le Nombre d'Ouvrages.....	98
7.4.	Matériaux Utilisés	98
7.5.	les composants dun dalot.....	99
7.6.	Les différentes charges et les surcharges appliquées à l'ouvrage	100
7.7.	Application d'un projet	102

Chapitre VIII: Signalisation et éclairage

8.1.	Signalisation	105
8.1.1.	Définition	105
8.1.2.	Catégories de signalisation.....	105
8.1.3.	Règle à respecter pour la signalisation	105
8.1.4.	Objectifs de signalisation	106
8.1.5.	Les type de signalisation	106
8.1.5.1.	La signalisation verticale.....	106
8.1.5.2.	La signalisation horizontale.....	107
8.1.5.3.	Marquage transversal.....	109
8.1.6.	Application au projet	110
8.2.	L'éclairage.....	112
8.2.1.	Définition	112

8.2.2. Catégories d'éclairage.....	112
8.2.3. Paramètre de l'implantation des luminaires	113
8.2.4. Application au projet	113
8.3. Conclusion	114

Devis et quantitatif et estimatif

Conclusion Générale

Bibliographie

Annexe



INTRODUCTION GÉNÉRALE



INTRODUCTION GENERALE

Avec l'évolution rapide du trafic routier en Algérie, les infrastructures de transport (en particulier les routes) sont appelées à répondre à des exigences accrues en matière d'efficacité économique et sociale. Véritables vecteurs de communication et d'échanges entre les populations, les routes jouent un rôle fondamental dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale. Elles génèrent à la fois des avantages et des coûts sociaux, ce qui justifie l'importance d'un aménagement réfléchi et durable.

La problématique à l'origine des projets d'infrastructures routières réside souvent dans la saturation et l'insuffisance du réseau existant. Pour bien cerner cette problématique, il est essentiel d'en définir précisément les contours, d'identifier les enjeux techniques et socio-économiques, puis de proposer des solutions adaptées accompagnées d'une évaluation rigoureuse de leurs composantes.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études, qui consiste en la conception du dédoublement d'un tronçon de la Route Nationale RN 46A, sur une distance de 10,7 km, situé dans la wilaya de Ouled Djellal. Ce projet vise à améliorer la fluidité du trafic, renforcer la sécurité routière et soutenir le développement local à travers une infrastructure moderne et adaptée aux besoins actuels.

Le projet est géré par la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Ouled Djellal, Le point de départ de notre tracé se situe au niveau du PK 104+000 et se termine au PK 114+007.

Les données nécessaires à la réalisation de cette étude (levés topographiques, données géotechniques, données de trafic, etc.) nous ont été fournies par la DTP de Ouled Djellal.

Notre travail s'est articulé principalement autour des volets suivants :

- ✓ Détermination du nombre de voies : à partir de l'analyse des données de trafic ;
- ✓ Conception du tracé de la route : plan en planimétrie, profil en long et en travers, réalisés à l'aide des logiciels Covadis Autopiste et AutoCAD ;
- ✓ Dimensionnement du corps de chaussée : selon les normes en vigueur ;
- ✓ Étude de l'assainissement de la route pour garantir une bonne évacuation des eaux pluviales ;
- ✓ Calcul des volumes de remblais et déblais nécessaires aux travaux de terrassement ;
- ✓ Élaboration d'un devis quantitatif et estimatif pour l'ensemble du projet.



CHAPITRE I :

PRÉSENTATION DU PROJET



Chapitre I

Présentation du projet

1.1. Introduction

Dans le cadre du programme de développement des régions du sud, la direction des travaux publics (DTP) de la wilaya d'**Ouled Djellal** a entrepris une étude visant à réaliser le dédoublement de la RN46, reliant les localités de Doucen et Bir Naam. L'accent de cette étude est mis sur le tronçon de 10,7 kilomètres, s'étendant du PK104+000 au PK114+700. Ce projet de dédoublement est devenu une nécessité urgente pour résoudre les problèmes de congestion du trafic et renforcer la sécurité routière. Sa réalisation doit être menée dans les plus brefs délais.

Ce projet s'inscrit dans un cadre stratégique, la RN46A étant un axe crucial pour la wilaya, surtout face à l'augmentation des échanges entre **Ouled Djellal** et les communes voisines.

1.2. Présentation de la Wilaya de Ouled Djellal

La wilaya d'**Ouled Djellal** est une wilaya algérienne créée en 2019 et officialisée en 2021, située à l'sud du pays.

➤ Localisation de la wilaya

La wilaya d'Ouled Djellal est située à l'sud de l'Algérie, elle est délimitée :

- Au nord par la wilaya de M'Sila ;
- Au nord-est par la wilaya de Biskra ;
- A l'ouest par la wilaya de Djelfa ;
- A l'est par la wilaya d'El M'Ghair ;
- Au sud par la wilaya d'Ouargla ;

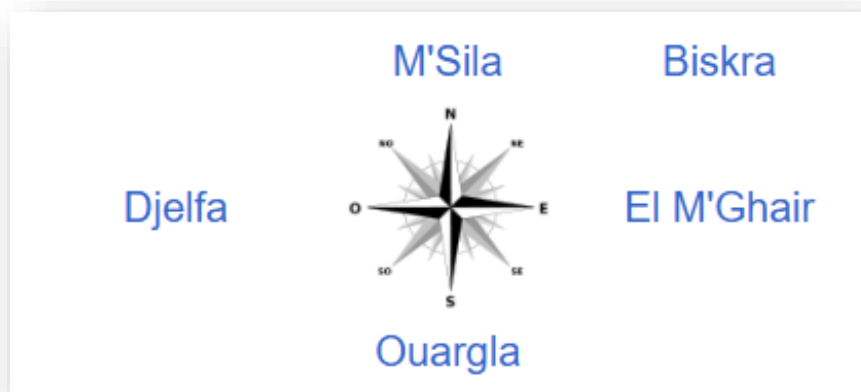


Figure 1.1 : Wilayas limitrophes de la wilaya d'Ouled Djellal.

1.3. Présentation générale du projet

Dans le Dans le cadre de mon projet de fin d'études dans l'Université Mohammed Kheider de Biskra, mon notre projet est étude du dédoublement de la RN46A, sur un tronçon de 10,7 km reliant du Doucen à Bir Naam. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un programme de développement des voies express, avec une chaussée unidirectionnelle à deux voies

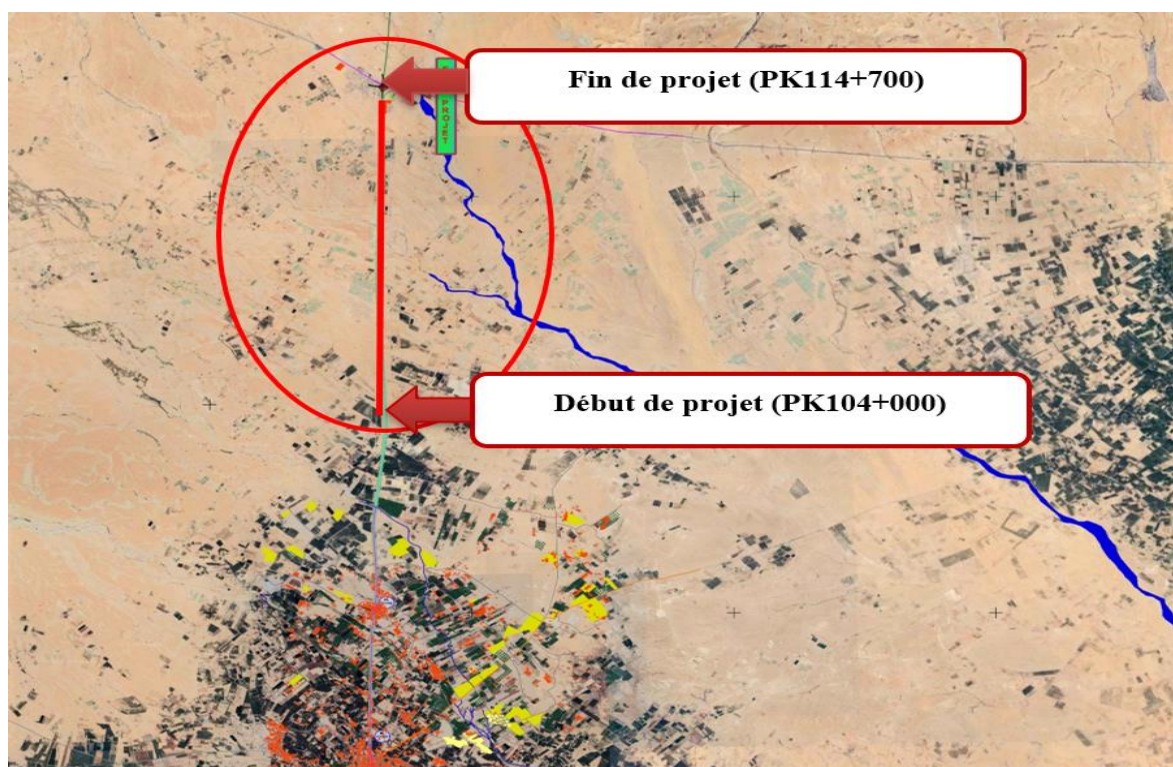


Figure 1.2 : Localisation du projet

1.4. Localisation du projet

Tableau 1.1 : Renseignement récapitulatif sur la willaya d'Ouled Djellal.

Pays	Algérie
Code de willaya	51
Chef-lieu	Ouled Djellal
Démographie	
Population totale	174 219 hab
Densité	15 hab./km ²
Géographie	
Cordonnées	34° 26' 00" nord, 5° 04' 00" est
Superficie	11 410 km ²

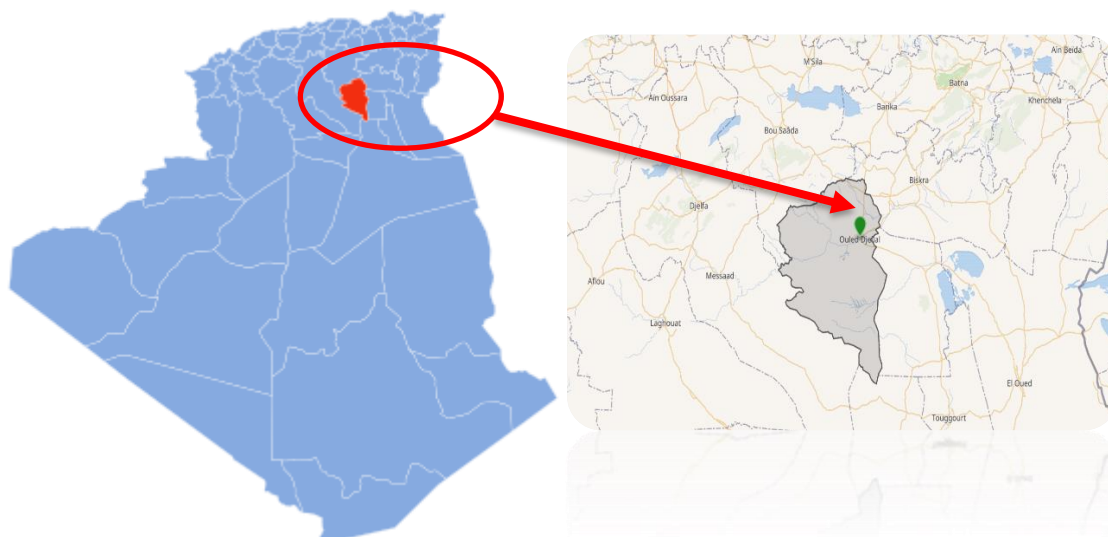


Figure 1.3 : Situation géographique.

1.5. Aperçu sur la wilaya de Ouled Djellal

La wilaya de Ouled Djellal est située dans la partie sud-est de l'Algérie, entre 34° 26' 00" de latitude nord et 5° 04' 00" de longitude est. Elle couvre une superficie de 11 410 km². La wilaya de Ouled Djellal se distingue par son caractère agricole et pastoral, notamment grâce à l'agriculture désertique, telle que la culture du palmier dattier.

1.6. Climat de la wilaya

Le climat d'Ouled Djellal est : sec et chaud en été (température entre 35 et 45 °C le jour, et entre 25 et 35 °C la nuit), il est sec et froid en hiver (température entre 10 et 20 °C le jour, et entre -2 et 5 °C la nuit).

1.7. Population

La population de la wilaya d'Ouled Djellal est estimée 239 111 habitants à fin 31/12/2020,

- ✓ Superficie (km²) : 11 410 ;
- ✓ Population (habitants) : 239 111 ;
- ✓ Densité de population (hab./ km²) : 21,16 .

1.8. Réseau routier

La wilaya de Ouled Djellal gère 2389,74 km de route se répartissant comme suite :

550,10 Km de route nationale (RN).

735,700 Km de chemins de wilaya (CW).

1634 Km de chemins de commune dont **797,40 km** non goudronnées

1.9. Objectif du projet

L'objectif principal de cette étude est le dédoublement la route de DOUCEN à BIR NAAM de 10.7 Km de la route existence RN46A . De la chaussée unidirectionnelle de 2 vois . Sachant que le profil en travers de la route existante se présente comme suit :

- ❖ Une chaussée bidirectionnelle de largeur 7,6 m ;
- ❖ Deux accotements de largeur 2 m.

Ce projet objectif suivant :

- ❖ Dévier par conséquent le flux de trafic de transit en dehors du centre urbain ;
- ❖ Amélioration de tracé de cette route pour répondre aux exigences normatives ;
- ❖ La réalisation de l'évitement augment le confort et le niveau de service, ainsi que la fluidité du futur trafic ;
- ❖ D'accroître la sécurité routière des usagers.



CHAPITRE II :

PARAMÈTRE DU BASSE



Chapitre II

Paramètres de base

2.1. Paramètres de base

2.1.1. Caractéristiques du projet

Les paramètres de dimensionnement utilisés pour l'élaboration du tracé en plan et du profil en long sont conformes aux normes techniques d'aménagement des routes en Algérie, spécifiées dans le document «B 40». La vitesse de référence constitue le critère principal pour la définition des caractéristiques géométriques de l'itinéraire. Elle est déterminée en fonction de la catégorie de la route ainsi que de son environnement.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, l'infrastructure envisagée est une route unidirectionnelle à 2 x 2 voies. Ce choix permet de garantir un niveau de service élevé, tout en assurant de bonnes conditions en matière de sécurité, de temps de parcours et de confort pour les usagers.

2.1.2. Classification par catégorie de la route

L'ensemble des itinéraires de L'Algérie est classé en cinq (05) catégories fonctionnelles, correspondants aux finalités économiques et administratives (les recommandations du B40). Les caractéristiques principales relatives à chacun des 5 types de routes sont les suivantes :

- **Catégorie 1** : liaisons entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde. Liaison assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation sur ce réseau.
- **Catégorie 2** : liaisons entre les centres d'industrie de transformation. Liaisons assurant le rabattement des pôles d'industrie légères diversifiées sur le réseau précédent.
- **Catégorie 3** : liaison des chefs-lieux de daïra et de wilaya non desservis par le réseau précédent, avec le réseau des catégories 1 et 2.
- **Catégorie 4** : liaisons des centres de vie avec le réseau des catégories 1 et 3.
- **Catégorie 5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

Un notre projet : (classement en catégorie (C1)).

2.1.3. Environnement de la route

Caractérisé par :

- ✚ Dénivelée cumulé moyenne au Km : h / L permettant de mesurer la variation longitudinale du relief

Avec h : dénivelée totale = $\sum h_i = \sum \rho_i \cdot l_i$ et L : longueur itinéraire.

$h/L \leq 1,5\% \rightarrow$ terrain plat

$1,5\% < h/L \leq 4\% \rightarrow$ terrain vallonné

$h/L > 4\% \rightarrow$ terrain montagneux

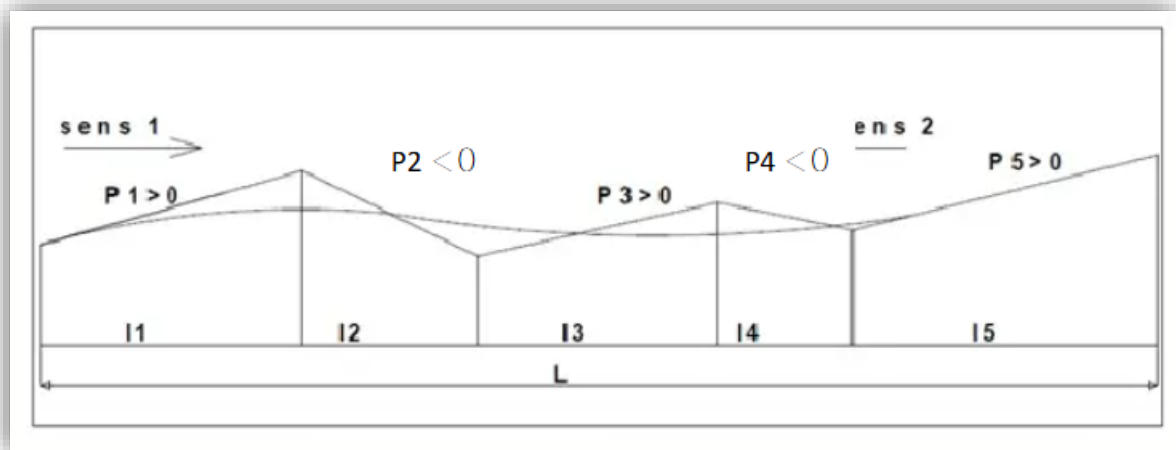


Figure 2.1 : variation longitudinale du relief.

Tableau 2.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne.

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée moyenne h/L
1	Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$
2	Terrain vallonné	$1,5\% < h/L \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$h/L > 4\%$

- ✚ Sinuosité : La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse L_s et la longueur totale de l'itinéraire L . La longueur sinueuse L_s est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

$T = (\text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200\text{m}) / L_{\text{total}}$

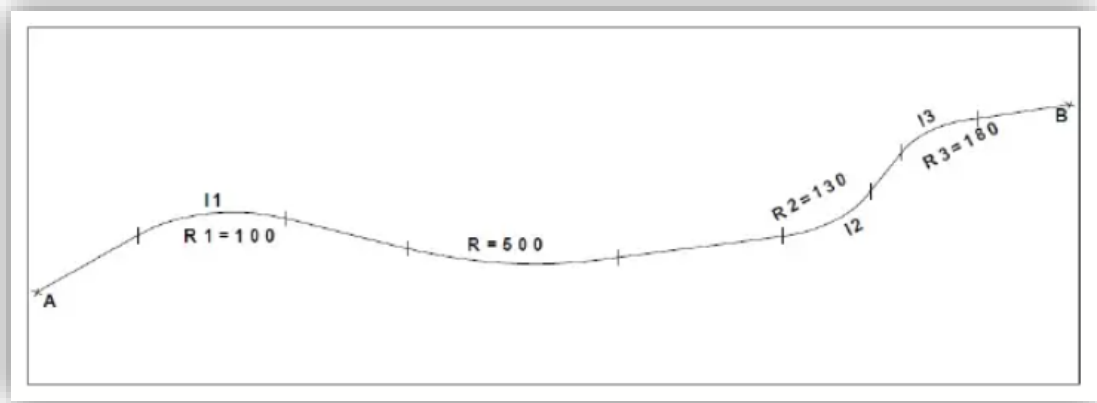


Figure 2.2 : Sinuosité.

$$\sigma = L_S / L_{AB}$$

$$L_S = l_1 + \dots + l_5 \quad (R \leq 200\text{m})$$

L_S : la longueur sinueuse.

L_R : longueur de rayon ≤ 200 .

L_{AB} : L (longueurs totales de l'itinéraire).

Tableau 2.2 : Classification de la sinuosité moyenne

N°	Classification	Sinuosité moyenne
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma \leq 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le tableau ci-dessous :

Tableau 2.3 : TYPE D'Environnement

Sinuosité \ Relief	Faible $\sigma \leq 0.10$	Moyenne $0.10 < \sigma \leq 0.30$	Forte $\sigma > 0.30$
Plat $h/L \leq 1,5\%$	E_1	E_2	
Vallonné $1,5\% < h/L \leq 4\%$	E_2	E_2	E_3
Montagneux $h/L > 4\%$		E_3	E_3

Tous les alignements sont raccordés par des courbes de rayon (**R**) supérieur à 200m.

2.1.3.1. Application au projet

Suivant à la NORME TECHNIQUE D'AMENAGEMENT DES ROUTE (B40)

On a un **terrain Plat** et une sinuosité faible, notre route se classe en **E2**

La route nationale RN°46A est considérer comme une liaison entre les centres d'industrie et d'économies.

Le tracé du projet doit être classé comme une route de classe **C1**.

2.1.4. Cinématique de véhicule

2.1.4.1. Vitesse de base (VB) ou Vitesse de référence (VR)

La vitesse de base, également appelée vitesse de référence, est un paramètre fondamental dans la conception géométrique des routes. Elle représente la vitesse maximale à laquelle un conducteur peut circuler en toute sécurité, dans des conditions normales de circulation et en l'absence de contraintes particulières (comme le trafic dense, les conditions météorologiques défavorables, etc.).

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les différentes sections, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en

coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverse d'une ville, modification du relief...Etc.)

- Pour notre projet en l'environnement **E2**, Catégorie **C1**, le B 40 propose trois vitesses (120, 100 et 80 km/h). Pour notre projet, on opte pour une vitesse de **80 Km/h**. (Tableau 2.4)

Tableau 2.4: valeurs des vitesses de base selon B40.

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
Environnement facile	120/100/80	120/100/80	120/100/80	100/80/60	80/60/40
Environnement moyen	100/80/60	100/80/60	100/80/60	80/60	80/60
Environnement difficile	80/60/40	80/60/40	80/60/40	60/40	40

2.1.4.2. Hauteur de l'œil et des obstacles

Les hauteurs de l'œil et des obstacles sont des paramètres intervenant dans le calcul des Distances de visibilité en point haut et bas. Elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

h_0 : La hauteur de l'œil.

h_1 : la hauteur d'un obstacle.

h_2 : La hauteur d'un véhicule en sens inverse

Tableau 2.5 : hauteur de l'œil et des obstacles.

Hauteur Catégorie	Hauteur de l'œil (h_0)	Hauteur d l'obstacle (h_1)	Hauteur d l'obstacle (h_2)
Catégorie 1-2	1.10m	0.15m	1.20m
Catégorie 1-2-3	1.10m	0.20m	1.20m

Pour notre projet on a :

h_0 : 1.10

h_1 : 0.15

h_2 : 1.20

2.1.4.3. Temps de perception-réaction

Le temps de perception-réaction correspond à la durée nécessaire au conducteur pour percevoir un danger, analyser la situation et initier une action appropriée (freinage, manœuvre d'évitement, etc.). Ce temps est un facteur essentiel à prendre en compte pour garantir la sécurité dans la conception des infrastructures routières.

Le temp de perception-réaction intervienne pour :

- 1) Le freinage.
- 2) Le dépassement.
- 3) L'observation.

Tableau 2.6 : temps de perception-réaction.

	E1	E2	E3
Catégorie 1-2	t=1.8s pour $V > 80 \text{Km/h}$ t=2.0s pour $V \leq 80 \text{Km/h}$	t=1.8s pour $V > 80 \text{Km/h}$ t=2.0s pour $V \leq 80 \text{Km/h}$	t=1.8s quelle que soit V
Catégorie 3-4-5	t=1.8s pour $V > 60 \text{Km/h}$ t=2.0s pour $V \leq 60 \text{Km/h}$		

NB : pour notre projet/ t=2.0s pour $V \leq 80 \text{Km/h}$

2.1.4.4. Le coefficient de frottement longitudinal

Variable avec la vitesse, sert a défini les valeurs minimales de la distance de freinage et pour notre cas en prend **fl** : 0.36 SELON B40.

2.1.4.5. Le coefficient de frottement transversal f_t

Il est utilisé pour déterminer le rayon en trace en plan associée à une donnée dans tous les cas il est variable avec la vitesse, on prend $f_t : 0.11$ pour une

$V_r : 80\text{km/h}$, catégorie C : 1

Tableau 2.7: selon le B40 valeur f_l et f_t

B- Dépendants de l'environnement					
E1	6- $V_{VL} - V_{PL}$	120-40	120-35	100-30	80
	7- Temps réaction	1,8s	1,8s	1,8s	1,8s
	8- Accn verticale	$g/40$	$g/30$	$g/30$	$g/30$
	9- $F_L - F_t$	0,33-0,10	0,36-0,11	0,40-	0,43-0,15
	10- $Acc^n - Dec^n$	0,5-1,50	0,60-1,60	0,125 0,80-1,80	0,95-2,00
E2	$V_{VL} - V_{PL}$	100-35	100-30	80-25	60
	Temps réaction	1,8s	1,8s	1,8s	2s
	Accn verticale	$g/40$	$g/30$	$g/30$	-
	$F_L - F_t$	0,36-0,11	0,40-0,125	0,43-0,15	0,46-0,18
	$Acc^n - Dec^n$	0,50-1,50	0,70-1,70	0,90-1,90	1,10-2,00
E3	$V_{VL} - V_{PL}$	80-30	80-25	60-20	40
	Temps réaction	1,8s	1,8s	2s	2s
	Accn verticale	$g/40$	$g/30$	-	-
	$F_L - F_t$	0,39-0,13	0,43-0,15	0,46-0,18	0,49-0,22
	$Acc^n - Dec^n$	0,60-1,60	0,80-1,80	1,00-2,00	1,25-2,00

2.1.4.6. Distance de freinage d_0

Est la longueur parcourue par le véhicule pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse.

a) Route palier :

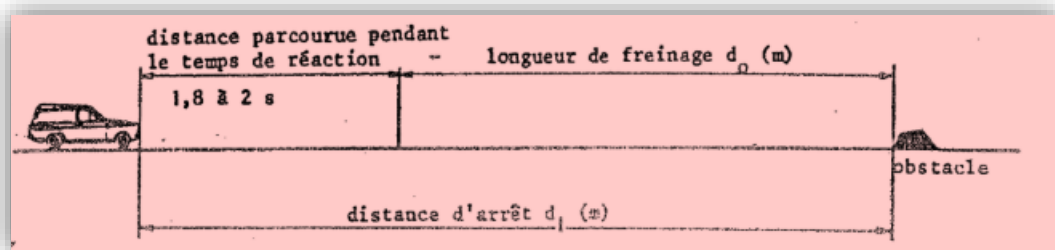


Figure 2.3 : distance d'arrêt.

$$d_0 = \frac{v^2}{260f_l} = \frac{80^2}{260 \times 0.36} = 68.38m \quad \text{Cas de l'alignement}$$

b) Route en déclivité :

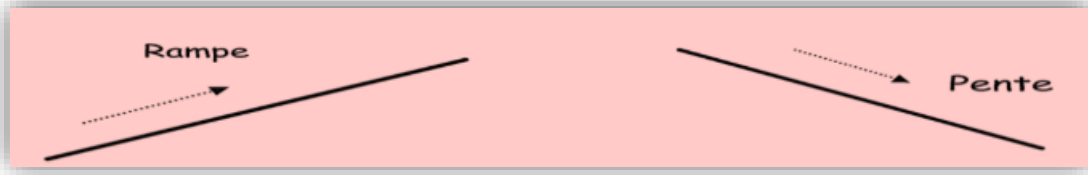


Figure 2.4 : Route en déclivité.

En rampe :

$$d_0 = \frac{v^2}{260(fl \mp 0.05)} = \frac{80^2}{260(0.36 + 0.05)} = 60.04m$$

En pente :

$$d_0 = \frac{v^2}{260(fl \mp 0.05)} = \frac{80^2}{260(0.36 - 0.05)} = 79.40m$$

2.1.4.7. La distance d'arrêt d_1

C'est la distance minimale parcourue par un véhicule entre le moment où l'obstacle devient visible et celui où le véhicule s'arrête.

a) En alignement

$$d_1 = d_0 + \frac{V_R}{3.6} \times t_1 = 68.38 + \frac{80}{3.6} \times 2.00 = 112.82m$$

b) En déclivité :

En rampe :

$$d_1 = \frac{v^2}{260(fl \mp 0.05)} + \frac{V_R}{3.6} \times t_1 = \frac{80^2}{260(0.36 + 0.05)} + \frac{80}{3.6} \times 2.00 = 104.48m$$

En pente :

$$d_1 = \frac{v^2}{260(fl \mp 0.05)} + \frac{V_R}{3.6} \times t_1 = \frac{80^2}{260(0.36 - 0.05)} + \frac{80}{3.6} \times 2.00 = 123.85m$$

2.1.4.8. La distance d'arrêt en courbe d_2

Pour le calcul de la distance d'arrêt en courbe on majore de 25% d_0 (on doit freiner moins énergiquement qu'en alignement) donc :

$$d_2 = d_1 + 0.25d_0 \quad \text{Si } R \leq 5.V$$

$$d_2 = d_1 \quad \text{Si } R > 5.V$$

Dans notre cas $R = 600 \geq 5 \times 80 = 400$

Donc :

$$d_2 = d_1 = \mathbf{112.82m}$$

2.2. Conclusion :

- Pour une route de catégorie C1, environnement E2, les paramètres cinématiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2.8 : Les valeurs des paramètres de base calculés selon B40

Paramètre	Symbole	Valeurs(B40)	Valeurs Calcules
Vitesse de base (Km/h)	V_R	80	80
Temps de perception-réaction(s)	t_1	1.80	1.80
Coefficient de frottement longitudinal	fl	0.36	0.36
Coefficient de frottement transversal	ft	0.11	0.11
Distance de freinage(m)	d_0	/	68.38m
Distance de freinage on rampe(m)	d_0	/	60.04m
Distance de freinage on pente(m)	d_0	/	79.40m
Distance d'arrêt(m)	d_1	/	112.82
Distance d'arrêt on rampe (m)	d_1	/	104.48
Distance d'arrêt on pente (m)	d_1	/	123.85
La distance d'arrêt en courbe d_2 (m)	d_2	/	112.82

Tableau 2.9 : Rayons en plan et devers associés selon B40

	Symbole	E1			E2			E3		
<u>Catégorie 1-2</u>	V_b (km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
-mini absolu	RHm (7%)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
-mini normal	RHn (5%)	1000	650	450	650	450	250	450	250	125
-au d.min	RHd (2.5%)	2200	1600	1000	1600	1000	550	1000	550	250
-non déversé	RHnd (-2.5%)	3200	2200	1400	2200	1400	800	1400	800	350
<u>Catégorie 3</u>	V_b (km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
-mini absolu	RHm	600 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	230 (8%)	115 (8%)	40 (8%)
-mini normal	RHn	850 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	400 (6%)	230 (6%)	115 (6%)
-au d.min	RHd (3%)	1900 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)
-non déversé	RHnd (-3%)	2800 (-3%)	2000 (-3%)	1200 (-3%)	2000 (-3%)	1200 (-3%)	700 (-3%)	1200 (-3%)	700 (-3%)	300 (-3%)
<u>Catégorie 4</u>	V_b (km/h)	100	80	60	80	60	40	60	40	
-mini absolu	RHm	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	40 (7%)	115 (8%)	40 (7%)	-
-mini normal	RHn	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	115 (5%)	230 (6%)	115 (5%)	-
-au d.min	RHd (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	-
-non déversé	RHnd (-3%)	1750 (-3%)	1100 (-3%)	650 (-3%)	1100 (-3%)	650 (-3%)	280 (-3%)	650 (-3%)	280 (-3%)	-
<u>Catégorie 5</u>	V_b (km/h)	80	60	40	60	40	-	40	-	-
-mini absolu	RHm	210	105	40	105	40	-	40	-	-
-mini normal	RHn	350	210	105	210	105	-	105	-	-
-au d.min	RHd (3%)	800	450	200	450	200	-	200	-	-
-non déversé	RHnd (-3%)	1100	650	280	650	280	-	280	-	-



CHAPITRE III :

ÉTUDE DE TRAFIC



Chapitre III

Etude de trafic

3.1. Introduction

Toute étude de projet routier doit absolument inclure une évaluation et une analyse détaillée du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée dépend directement de cette sollicitation.

La solution à ce défi consiste à établir la largeur des voies et leur quantité, en se basant sur le trafic anticipé pour l'année cible. L'analyse du trafic est une démarche cruciale dans la planification des réseaux routiers, son objectif étant d'orienter les décisions concernant la politique de transport

Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers nécessaires :

- ❖ Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- ❖ Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.
- ❖ Estimer les coûts d'entretien du réseau routier.

3.2. Analyse des trafics

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes.

3.2.1. Différents types du trafic

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic qui résulte de :

Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilitée apportée par le nouvel aménagement routier.

- **Trafic total** : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

3.3. Modèles de présentation de trafic

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un

Certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèles gravitaires.
- Modèle de facteur de croissance.

3.3.1. Prolongation de l'évolution passée

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé.

On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic « T_n » à l'année « n » sera :

$$T_n = T_0 \times (1 + \tau)^n$$

Avec :

T_0 : Le trafic à l'arrivée pour l'origine ;

T_n : Le trafic de l'année horizon ;

τ : Le taux de croissance annuel du trafic en (%) ;

n : Nombre d'année

3.4. Calcul de la capacité

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Le calcul de la capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques
- Du type d'utilisateurs habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- Des caractéristiques de la section considérée (nombre et largeur de voies).

3.5. Procédure de détermination de nombre de voies

Pour déterminer le nombre de voie à l'ingénieur fait une comparaison entre le débit admissible et le débit prévisible pour obtenir le choix du nombre de voies pour un tronçon routier.

➤ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

➤ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec : S : Coefficient dissymétrie

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

3.5.1. Calcul du (TMJA) horizon

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TMJA_h = (1 + \tau)^n \times TMJA_0$$

$TMJA_h$: Le trafic à l'année horizon ;

$TMJA_0$: Le trafic à l'année de référence ;

n : Nombre d'année ;

τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

3.5.2. Calcul de trafic effectif

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp). Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$Teff = [(1 - Z) + P \times Z] \times TMJA_h$$

$Teff$: Trafic effectif à l'année horizon en UVP;

Z : Pourcentage de poids lourd ;

P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourd qui dépend.

Tableau 3.1 : Coefficient d'équivalence P.L/UVP.

Route	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Tableau 3.2 : Coefficient d'équivalence en fonction de l'environnement de la route.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique (C3 , C4 , C5)	2-3	6-8	12
Route étroite (C2 , C1)	3-6	12-16	24

3.5.3. Débit de point horaire normal

Le débit de point horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = \frac{1}{n} T_{eff}$$

Q : débit de pointe horaire UVP/h ;

$\frac{1}{n}$: coefficient de point (=0.12) ;

Teff : trafic effectif.

3.5.4. Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{adm} (uvp/h) = K1.K2. Cth$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : Coefficient de réduction de capacité.

Cth : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Selon le B40 on a :

➤ **Valeur de K1 :**

Tableau 3.3 : valeurs de K1 selon la classe de l'environnement.

Environnement	E1	E2	E3
Valeur de K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

➤ **Valeur de K2 :**

Tableau 3.4 : valeurs de K2 selon l'environnement et la catégorie de la route.

Valeur de K2	Catégorie de la route				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

➤ **Valeur de C_{th} :**

Tableau 3.5 : valeur de capacité théorique C_{th}

La Route	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 (UVP /h)
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 (UVP/h)
Route à chaussée séparé	1500 à 1800 (UVP/h)

3.5.5. Détermination de nombre de voie

Le nombre de voie il y a déterminé sur deux cas :

✚ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Qadm et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

✚ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = s \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec : S : coefficient dissymétrie. En général $= \frac{2}{3}$

Q_{adm} : Débit admissible par voie. $Q_{adm} = K_1 * K_2 * C_{th}$

$C_{th} = 1500 \text{ à } 1800 \text{ (UVP/h)}$

3.6. Application au projet

3.6.1. Données de trafics :

- Année de comptage : 2022
- TJMA2022= 12059 (V/J)
- Année de mise en service : 2025
- Durée de vie : n=20 ans
- Année horizon : 2045
- Pourcentage poids lourds : 08 %
- Taux d'accroissement annuel de trafic : 5%

3.6.2. Application sur la liaison pénétrante :

I. Calcul de trafic à l'année mise en service ($TMJA_{mise\ en\ service}$) :

$$TMJA_{2025} = (1 + \tau)^n \times TMJA_{2022}$$

$$TMJA_{2025} = (1 + 0.05)^3 \times 12059 = 13959.79 \text{ V/J} = 13960 \text{ V/J}$$

II. Calcul de trafic à l'année horizon ($TMJA_{horizon}$) :

$$TMJA_{horizon} = (1 + \tau)^n \times TMJA_{mise\ en\ service}$$

$$TMJA_{2045} = (1 + \tau)^n \times TMJA_{2025} = (1 + 0.05)^{20} \times 13960 = 37040.03 = 37040 \text{ V/J}$$

III. Calcul le nombre de voies :

❖ Calcul de Débit admissible :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

K_1 : Coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E2 ;

K_2 : Coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C1).

Avec : Capacité théorique C_{th} (UVP/h)

Donc on est dans le cas d'une Route à chaussée séparé

ON A : $1500 < C_{th} < 1800 \text{ UVP/h/sens.}$

Si on prend $C_{th} = 1800$;

$$Q_{adm} = 0.85 * 0.99 * 1800 = 1515 \text{ UVP/h/sens}$$

$$n = s \times \frac{Q}{Q_{adm}} \text{ avec : } s = \frac{2}{3} \quad n = \frac{2}{3} \times \frac{5512}{1515} = 2.42$$

Donc le nombre de voies est 2 voies par sens.

IV. Calcul de trafic effectif à l'année mise en service :

$$Teff(2025) = [(1 - Z) + P \times Z] * TMJA_{2025}$$

$$Teff(2025) = [(1 - 0.08) + 4 \times 0.08] * 13960 = 17310.4$$

Avec : P = 4 (route de 2X2 voies et de bonnes caractéristiques E2)

V. Calcul de trafic effectif à l'année horizon :

$$Teff(2045) = [(1 - Z) + P \times Z] \times TMJA_{2045}$$

$$Teff(2045) = [(1 - 0.08) + 4 \times 0.08] \times 37040 = 45930$$

VI. Calcul de débit de pointe horaire à l'année horizon :

$$Q_{2045} = (0.12) \times Teff(20245) = 0.12 \times 45930 = 5512(\text{UVP/h})$$

VII. Calcul de l'année de saturation :

L'année de saturation correspond à $Q_{eff} = Q_{saturation}$. Avec :

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$$

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ UVP/h/sens}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 1515 = 6060 \text{ UVP/h}$$

D'autre part :

$$TMJA_{horizon} = (1 + \tau)^n \times TMJA_{mise \text{ en service}}$$

$$Teff(2025) = [(1 - Z) + P \times Z] * TMJA_{2025}$$

$$Teff(2025) = [(1 - 0.08) + 4 \times 0.08] \times 13960 = 17310.4 \text{ (UVP/h)}.$$

VIII. Calcul de débit de pointe horaire à l'année mise en service :

$$Q(2025) = \left(\frac{1}{n}\right)Teff(2025) \quad \text{Avec : } \frac{1}{n} = 0.12$$

Donc :

$$Q(2025) = \left(\frac{1}{n}\right)Teff(2025) = 0.12 * 17310.4 = 2077 \text{ (UVP/h)}$$

ON PREND :

$$6060 = 2077 \times (1 + 0.05)^n$$

$$(1 + 0.05)^n = \frac{6060}{2077} = 2.91 = 3$$

$$n = \frac{\ln 3}{\ln 1.05} = 22.5$$

Donc n =22 ans

$$2025+22= 2047$$

3.7. Conclusion

D'après les calculs effectués, tronçon de 10.7 KM de la RN46A a DOUCEN vers BIR NAAM, un profil composé de «2×2» voies. Une saturation est prévisible en 2047.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3.6 : récapitulatif des résultats de notre projet.

<i>TMJA</i>₂₀₂₂ (V/J)	<i>TMJA</i>₂₀₂₅ (V/J) mise en service	<i>TMJA</i>₂₀₄₅ (V/J)horizon	<i>Teff</i>(2045) (uvp/h)	<i>Q</i>₂₀₄₅ (UVP/h)	N(voies) Deux sens
12059	13960	37040	45930	5512	4



CHAPITRE IV :
DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE



Chapitre IV

Dimensionnement du corps de chaussée

4.1. Introduction

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée.

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

- L'environnement de la route (le climat essentiellement) et le sol support.
- Le trafic.
- La portance du sol support désignée par son indice CBR.
- La durée de vie de la chaussée.
- Les matériaux utilisés.

4.2. Définition

4.2.1. Au sens géométrique

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

4.2.2. Au sens structurel

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures.

La chaussée est constituée d'une structure multicouche, qui repose sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée. Cette plate-forme est composée du sol terrassé, désigné comme le sol support, et est généralement surmontée d'une couche de forme.

4.3. Classification des chaussées

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- Chaussée souple
- Chaussée semi-rigide
- Chaussée rigide

4.3.1. Chaussée souple

Les chaussées souples se composent de plusieurs couches superposées de matériaux qui ne présentent pas une résistance significative à la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que celles situées en dessous. Afin d'assurer une structure optimale et un confort maximal, la construction de la chaussée requiert l'utilisation de différentes couches, exécutées avec des matériaux variés et disposées à des épaisseurs précises, chacune ayant un rôle spécifique clairement défini.

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux à granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.
- Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :
 - ✓ Couche de roulement (surface).

- ✓ Couche de base.
- ✓ Couche de fondation.
- ✓ Couche de forme.

a- Couche de roulement (surface)

La couche de surface est constituée :

- De la **couche de roulement** qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat
- Et le cas échéant d'une **couche de liaison**, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

Le choix de la couche de surface doit résulter de la prise en considération de plusieurs objectifs qu'on peut ranger en trois groupes :

- ❖ La sécurité et le confort des usagers, en relation avec les caractéristiques de surface.
- ❖ Le maintien de l'intégrité de la structure, par la protection des couches d'assise vis-à-vis des infiltrations des eaux pluviales.
- ❖ L'impact sur l'environnement, avec notamment la recherche d'une réduction des bruits de roulement.

Rôle de couche de surface :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence)

(L'épaisseur de la couche de roulement est en général entre 6 et 8 cm).

b- Couche de base

Elle a pour rôle d'augmenter la stabilité et la rigidité de la fondation tout en lui transmettant les contraintes verticales. Pour cela, que les granulats sélectionnés et la qualité du

liant (bitume) utilisées doivent être suffisamment durs pour résister à l'écrasement pour donner une couche de base rigide stable et uniforme.

L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 20 cm.

c- Couche de fondation

Elle a le même rôle que la couche de base (les couches de fondation et de base constituent le corps de chaussée) :

- L'épaisseur de cette couche est entre 15 et 60 cm.
- La couche de fondation et la couche de base forment le « corps de chaussée ».

d- Couche de forme

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support :

- Sur un sol rocheux : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface ;
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

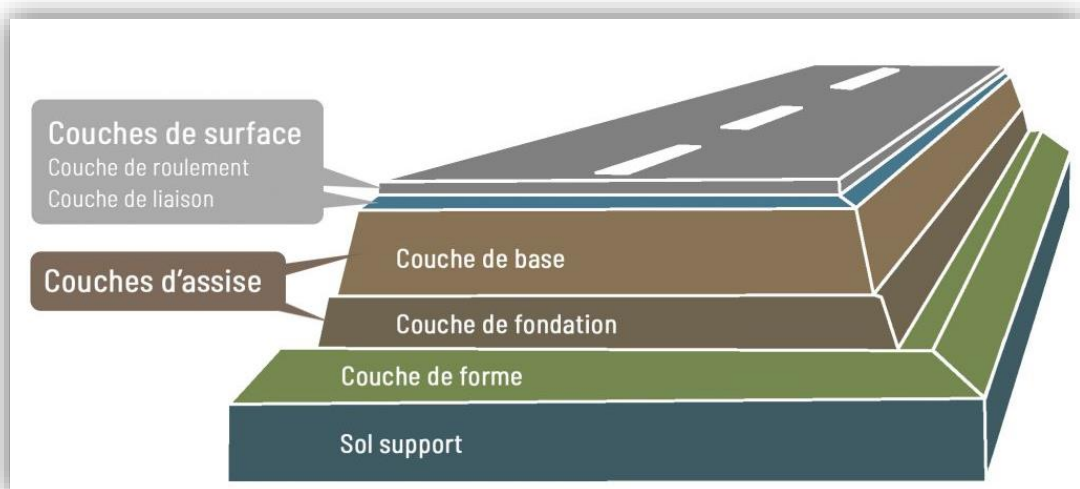


Figure 4.1 : Les différentes couches de la chaussée.

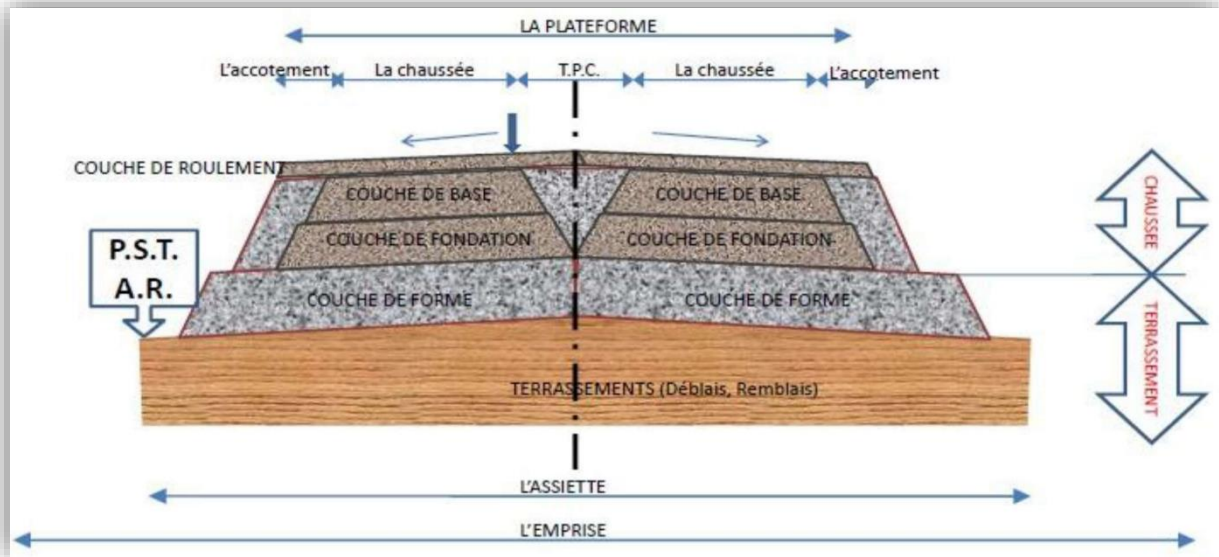


Figure 4.2 : Structure corps de chaussée.

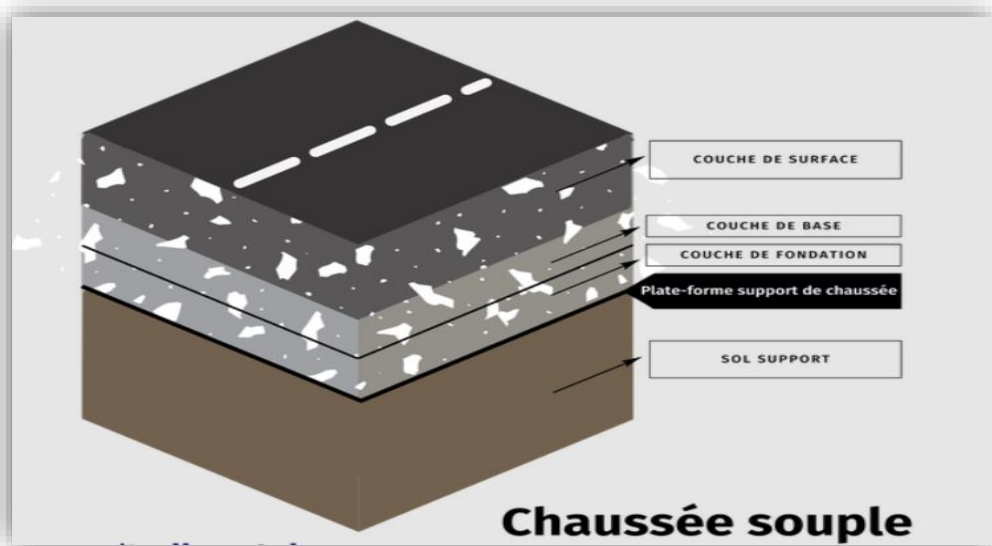


Figure 4.3 : structure type d'une chaussée souple

4.3.2. Chaussée semi-rigide

Elle comporte une couche de surface bitumineuse reposant sur une couche de base en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques et d'une couche de fondation granulaire

Pour garantir la stabilité et la durabilité de la chaussée, l'épaisseur minimale de la couche de base doit être de 15 cm. Il est important de noter que ce type de chaussée n'est actuellement utilisé en Algérie qu'à titre expérimental.

Une autre variante de chaussée utilise une couche de base ou une couche de fondation composée de sable gypseux, une solution qui mérite une étude approfondie dans les contextes spécifiques de construction routière.

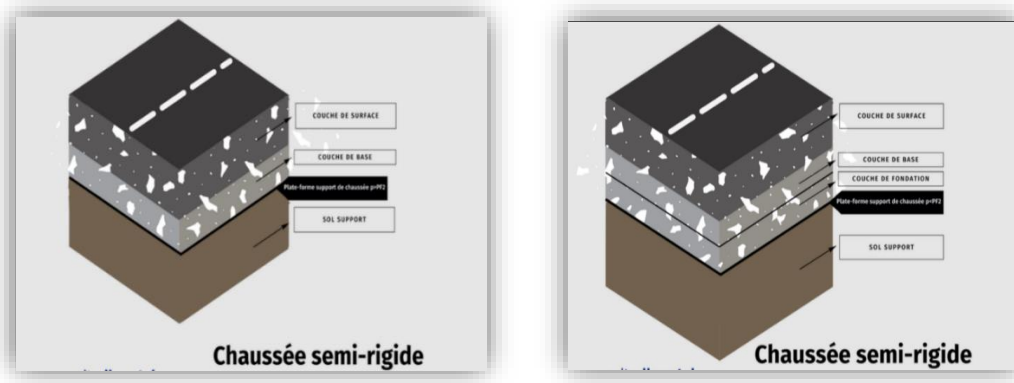


Figure 4.4 : structure type d'une chaussée semi-rigide

4.3.3. Chaussée rigide

Chaussée réalisée essentiellement avec un matériau rigide, généralement du béton de ciment, la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince.

En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- ❖ Couche de roulement en béton de ciment.
- ❖ Couche de fondation.
- ❖ Couche de forme

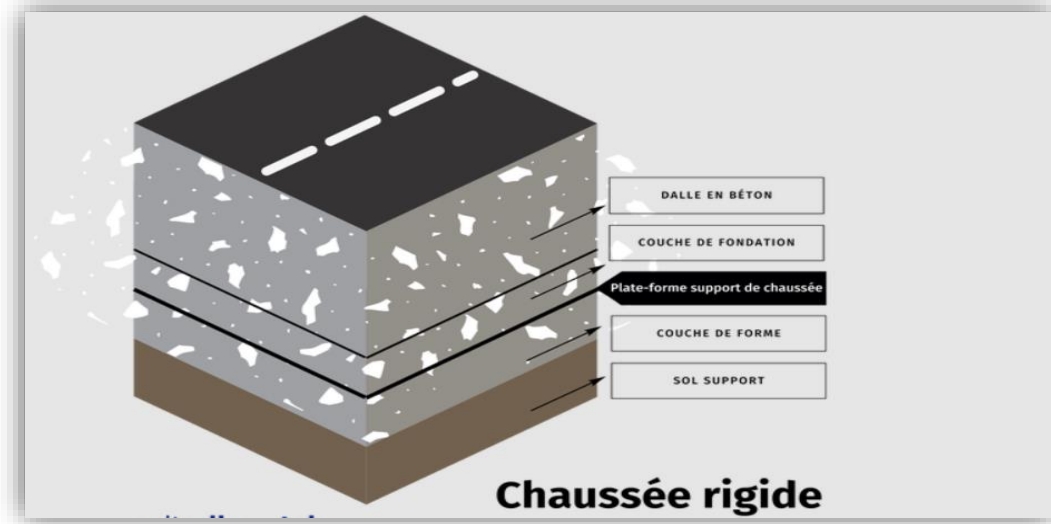


Figure 4.5 : structure type d'une chaussée rigide

N.B/ Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

La figure ci-dessous représente les différents corps de chaussée pour chaque classe de chaussée :

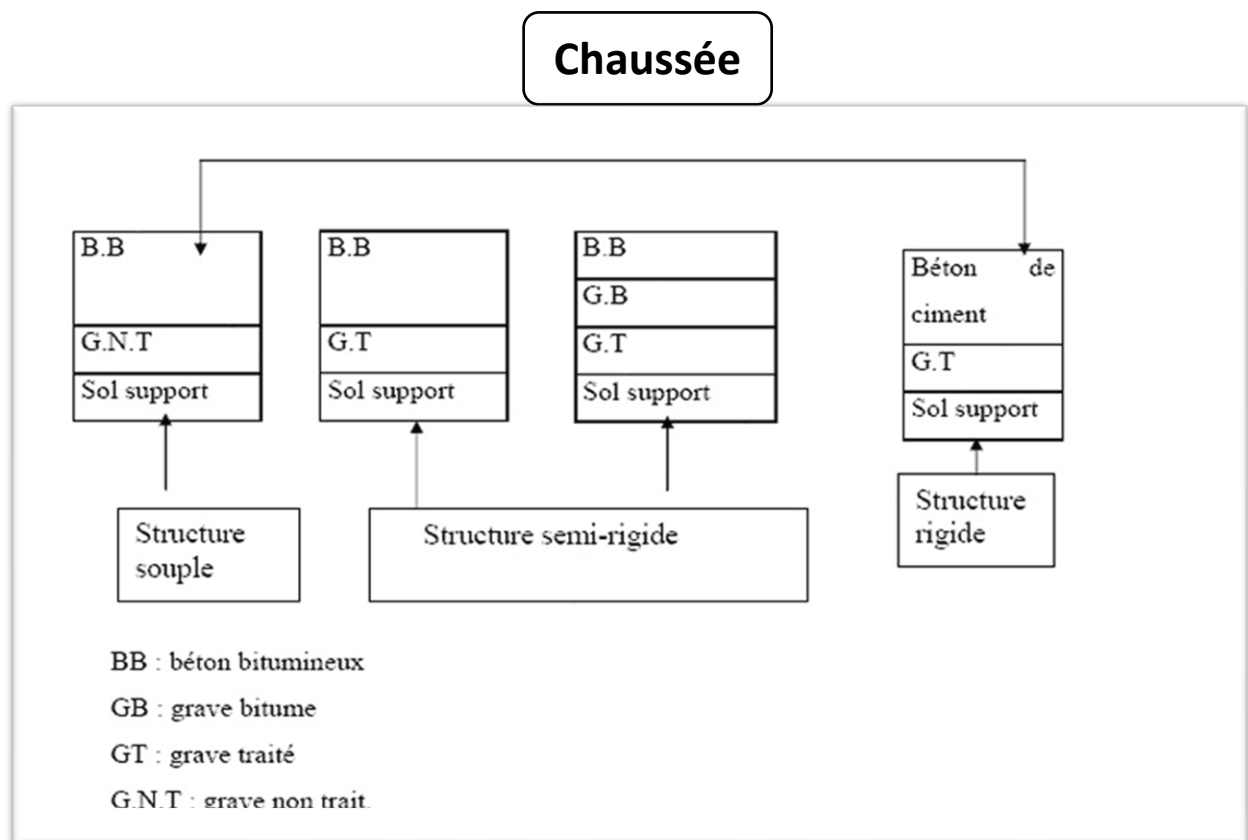


Figure 4.6 : Types de chaussées

4.4. Les paramètres de dimensionnement des chaussées

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- Le trafic poids lourds (PL).
- La durée de vie.
- Le classement géotechnique des sols supports naturels.
- La vérification au gel/dégel.
- Les caractéristiques des matériaux de chaussées.
- La qualité de réalisation.
- Les conditions climatiques. (Le type d'hiver et l'indice de gel).
- L'impact environnemental

4.5. Méthode de dimensionnement de corps de chaussée

On distingue trois groupes de méthodes de dimensionnement sont :

4.5.1. Les Méthodes Théoriques

Les méthodes théoriques considèrent la chaussée comme un système soumis aux principes de l'élasticité. Bien que peu utilisées en pratique, elles constituent une base importante pour les recherches dans ce domaine. Ces méthodes se concentrent principalement sur l'étude élastique des systèmes multicouches soumis à des charges statiques. Exemple : Boussinesq, Burmister, Hogg, Jeuffroy, etc.

4.5.2. Les Méthodes Empiriques (Classiques)

Les méthodes empiriques reposent sur des connaissances technologiques acquises par l'expérience et des observations sur le comportement réel des chaussées. Ces approches sont fondées sur des constats pratiques et permettent de définir des règles de dimensionnement adaptées.

Exemples :

- Méthode de Steel

- Méthode de l'aviation civile américaine, etc.

4.5.3. Les méthodes semi-empiriques

Ces méthodes combinent les résultats des études théoriques et des essais constatations faites sur la chaussée, ces méthodes sont les plus répandues et les plus rationnels et les plus utilisées.

Les plus utilisées sont :

- 1- Méthode du catalogue des structures.
- 2- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).
- 3- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- 4- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées.

✚ Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux Méthodes qui sont : la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P

4.5.3.1. La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

- La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$E_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5} (cm)$$

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivante :

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{P})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} (cm)$$

Avec

E_{eq} : épaisseur équivalente (cm).

I_{CBR} : indice CBR (sol support).

N : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

P : charge par roue $P=6.5$ t (essieu 13 t).

\log : logarithme décimal.

$$N(PL\%) = TMJA_n \times Z$$

Avec

$TMJA_n$: trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans,

n : année de prévision.

N : nombre moyen journalier de poids lourds.

4.5.3.2. Détermination des épaisseurs des couches

Après avoir calculé l'épaisseur totale de la chaussée faite en matière de grave propre, on répartie cette épaisseur sur toute les couche par l'utilisateur d'un coefficient d'équivalence « a_i » pour chaque type de matériau

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$E_{eq} = \sum a_i \times e_i = a_1 \times e_1 \times a_2 \times e_2 \times a_3 \times e_3$$

e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a_1, a_2, a_3 : sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1, e_2, e_3 .

4.5.3.3. Coefficient d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau 4.1 : Coefficient d'équivalence des matériaux

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable gypseux	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

Remarque :

Couche de fondation (CF) : ne dépasse pas 60cm :

- G.C=15-25 cm G.N.T=15 à 30 cm T.V.O=30 cm et plus

Couche de base (GB) varie entre :

- GB=10 à 20 cm

Couche de roulement (CR) varie entre :

- BB=6 à 8 cm

4.5.4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur des routes, un manuel pratique de Dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- ✓ **Matériaux** : traité au bitume (Grave Bitume, Béton Bitumineux), grave non traité.
- ✓ **Trafic** : classé selon le nombre de PL/j/Sens à l'année de mise en service.
- ✓ **Portance de sol support (Si)** : selon l'indice CBR (voir tableau).
- ✓ **Climat** : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi-aride, aride).

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

4.5.4.1. la démarche du catalogue

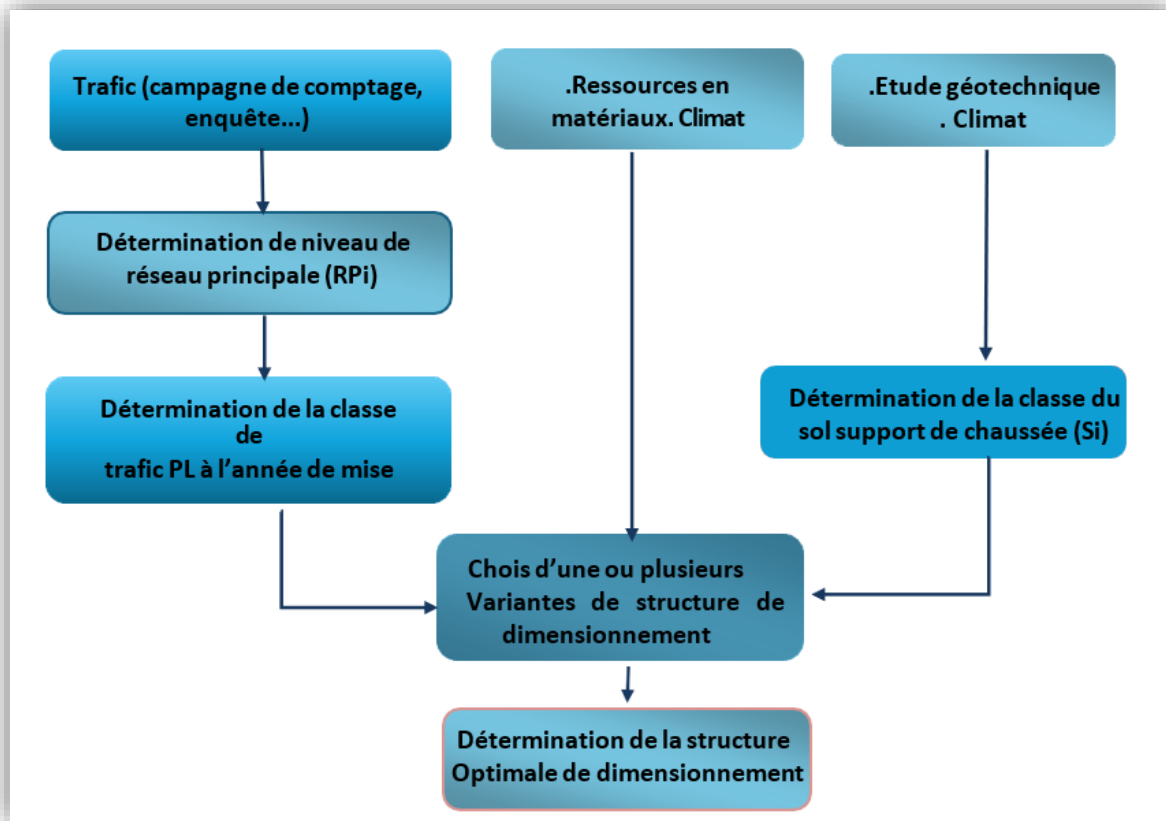


Figure 4.7 : La démarche de catalogue

4.5.4.2. Détermination du type de réseau

Réseau principal noté RP :

Il se compose de route reliant :

- Le chef lieux de wilaya.
- Les ports, les aéroports et les postes frontaliers.
- Les principales importantes zones industrielles agglomérations.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- RP_1 ($T > 1500$ V/J) : RN, autoroute, CW.
- RP_2 ($T < 1500$ V/J) : RN, CW.

Notre réseau est du type : **RP₁**

4.5.4.3. Détermination de la classe de trafic

On adopte les valeurs suivantes :

- **Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.**
- Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50% du trafic PL.
- Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.

La classe de trafic (TPL_i) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafic (TPL_i) adoptée dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal (RP_1 et RP_2), en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mis en service.

Tableau 4.2 : La classe de trafic

		TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/S	RP1	-	-	-	150	300	600	1500	3000
					à	à	à	à	à
					300	600	1500	3000	6000
PL/J/S	RP2	0 à 50	50	100	150	-	-	-	-
			à	à	à				
			100	150	300				

$$TMJA_{2025} = 13960 \left(\frac{V}{J} \right)$$

Donc après le tableau notre réseau est du type :

Le pourcentage de poids lourds par sens ;

PL=8%

Chaussée unidirectionnelle de 2 voies Sachant que 90% sur la voie lente de droite.

4.5.4.4. Calcule du trafic cumulé équivalent

🔧 calcule du trafic cumulé de poids lourds :

$$TCi = TPLi \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365$$

Valeur de coefficient d'agressivité RP_1 :

Tableau 4.3 : Valeurs du coefficient d'agressivité A

Niveau de réseaux principale « RP_i »	Type des matériaux et structure	Valeurs de A
RP_1	Chaussées à matériaux traité au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traité au liant hydraulique : GL/GL, BCg/GC	1

On a : $A=0,6$

$$TCEi2045 = TCI2045 \times A$$

4.5.4.5. Détermination de la portance de sol support de chaussée

4.5.4.5.1. Présentation des classes de portance des sols

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données par le tableau suivant :

Tableau 4.4 : Classe de portance des sols

Portance(S_i)	CBR
S_4	< 5
S_3	5 – 10
S_2	10 – 25
S_1	25 – 40
S_0	> 40

4.5.4.5.2. Portance de sols terrassés

L'importance de l'étude géotechnique réside dans le fait qu'elle permet d'identifier et de classer les sols, ce qui est essentiel pour garantir la stabilité et la sécurité des constructions.

4.5.4.5.3. Sur classement des sols supports de chaussées

Lorsque l'on rencontre des sols de faible portance (inférieurs à S4 en RP2, et inférieurs à S4 et S3 en RP1), il devient nécessaire de recourir à une couche de forme pour garantir la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptables. Cette couche de forme va agir comme une plateforme, permettant aux couches suivantes de posséder une résistance suffisante, et assurant ainsi un sur classement du sol support. Cela contribue à améliorer la portance du sol terrassé.

Tableau 4.5 : Choix de la couche de forme

(Amélioration de la portance du sol support.)

Classe portance du sol terrassé (Si)	Épaisseur de couche de forme (C.F)	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	50cm (en 2couches)	S3
S4	35cm	S3
S4	60cm (en 3couches)	S2
S3	40cm (en 2couches)	S2
S3	70cm (en 3couches)	S1
S2	40cm (en 2couches)	S1

Matériaux non traités MNT : c'est les graves naturelle propre (TVO, TVC, TUF), et les Matériaux locaux.

4.5.4.6. Détermination de la Zones climatiques

Les différentes zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 4.6: Les caractères des zones climatique en Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	T_{eq}°	Région
I	> 600	Très humide	20	Nord
II	350 – 600	Humide	220	Nord, haut-plateaux
III	100 – 350	Semi-Aride	25	Haut-plateaux
IV	< 100	Aride	30	Sud

❖ **Cas des sols sensible à l'eau :**

L'essai CBR à prendre en compte sera fonction de la zone climatique considérée :

- CBR imbibé à 4 jour pour les zones climatiques I et II.
- CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

❖ **Cas des sols insensible à l'eau**

Pour les sols insensibles à l'eau (sables et graves propres, sils grossiers) la portance est déterminée à partir des essais de chargement à la plaque (module EV2).

❖ Classe de portance de sol-supports : $E(MPA) = 5 \times CBR$

Tableau 4.7 : Classe de sols support selon le module E

Classes de sols supports	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPa)	25 – 50	50 – 125	125 – 200	> 200

4.6. Application projet

❖ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2022
- $TMJA_{2022} = 12059 \text{ v/j}$
- Mise en service : 2025
- $TMJA_{2045} = 37040 \text{ V/J}$
- Durée de vie : 20 ans

- Taux d'accroissement : $\tau = 5 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 08 \%$
- $CBR=19,6$ (retenue DTP de OULAD JALAL rapport géotechnique)

4.6.1. Méthode de CBR

La chaussée étant unidirectionnelle 2x2 voies. La voie la plus chargée supporte 90% du trafic lourd.

🌈 Calcule $TPLi$:

$$TPLi = (TMJA \times Z) \times \left(\frac{1}{2}\right) \times 0.90$$

$$TPL2045 = (TMJA2045 \times Z) \times \left(\frac{1}{2}\right) \times 0.90 = (37040 \times 0.08) \times \left(\frac{1}{2}\right) \times 0.90 = 1333.44$$

PL/J/Sens

➔ $N(PL) = 1333 \text{ PL/j/sens}$

🌈 Calcul de l'épaisseur équivalente :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5 + (75 + 50 \log \frac{N}{10})}}{I_{CBR} + 5}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5 + (75 + 50 \log \frac{1333}{10})}}{19.6 + 5} = 22.8 = 23 \text{ cm}$$

$$e = 23 \text{ cm}$$

Tableau 4.8 : Résultat de dimensionnement par la Méthode CBR

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalente (cm)
BB	06	2	12
GC	17	1	17
TOTAL	23	/	29

C'est-à-dire : Épaisseur réelles 'es est de : 6 (BB) + 17 (GC) = 29 cm

Épaisseur équivalente = 29 cm

Notre structure comporte : **6BB+15GC**

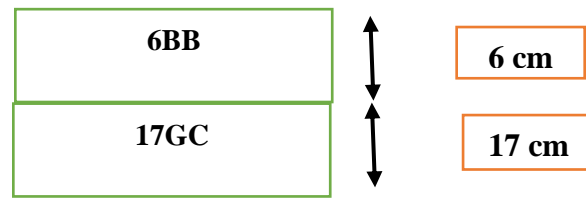


Figure 4.8 : L'épaisseur choisie méthode CBR

4.6.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

A- Détermination du type de réseau

Le trafic de la mise en service $TMJA_{2025} = 13960$ (V/J)

$TMJA_{2025} = 13960$ v/j $> 1500 \Rightarrow$ Donc le réseau principal est **RP1**

La route principale présentant intérêt économique et stratégique. Donc on est dans **le réseau principal de niveau 1 (RP1)**.

B- Détermination de la classe de trafic

- ✓ Route bidirectionnelle a 2x2 voies, répartition du trafic **90%** sur chaque voie.
- ✓ Zone climatique : **III**
- ✓ Classe de la portance du sol : E (MPa) $= 5 \times CBR = 5 \times 19.6 = 98$ MPa (**Classe S2**)
- ✓ Durée de vie : **20ans**, taux de d'accroissement : **5%**.
- ✓ Soit $TMJA_{2025} = 13960$ v/j.
- ✓ $TPL = 1333$ PL /j/sens.
- ✓ DONC la classe de trafic est **TPL5**.

$TPL5 = 1333 \text{ PL / j/sens}$

Tableau 4.9 : La classe de trafic

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300- 600	600-1500	1500-3000	3000-6000

C- Détermination de la portance de sol-support de chaussée (Si)

Présentation des classes de portance des sols : Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau 4.10 : La classe portance de sol

Classes de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	<u><25</u>	25-50	50-125	125-200	>200

On a : **CBR = 19.6.**

$$E(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR} = 4 \times 19.6 = \mathbf{98 \text{MPa}}$$

Donc l'ordre de portance de sol est de **S2**

Les structures recommandées par le fascicule 3 de catalogue de dimensionnement :

- ✓ Réseau principal niveau RP1
- ✓ Zone climatique III
- ✓ Duré de vie 20 ans et le taux d'accroissement 5%
- ✓ TPL5
- ✓ S4

Les données climatiques

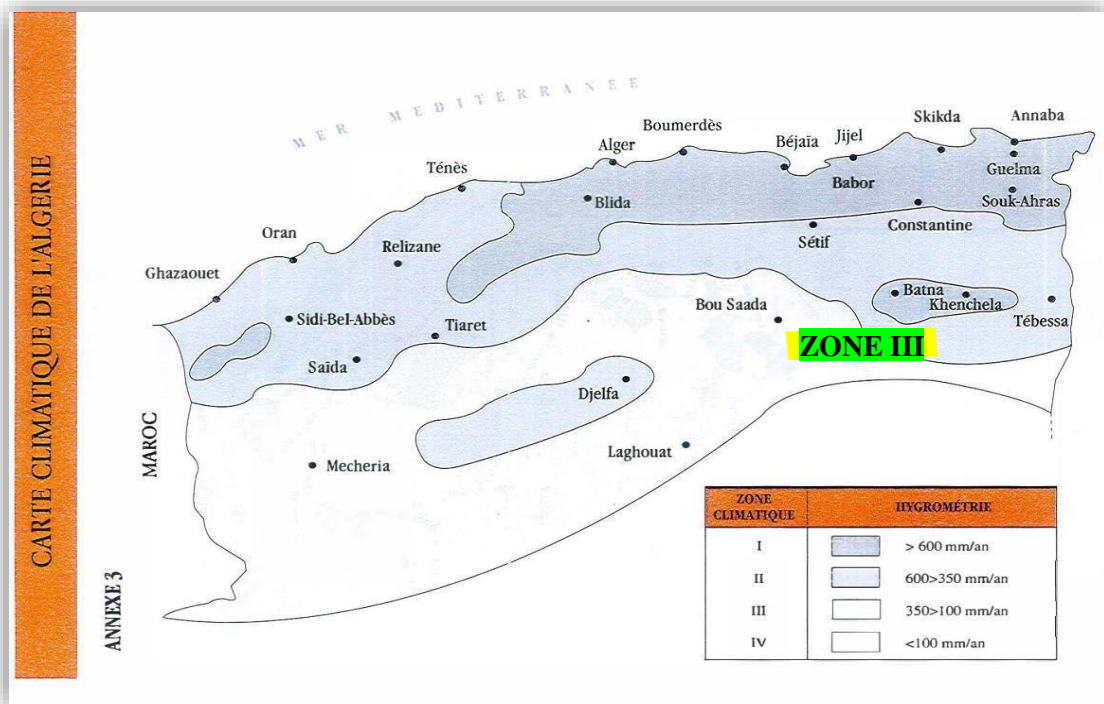


Figure 4.9 : Les zones climatiques en Alger

4.7. Choix des différentes couches constituant de la chaussée :

Tableau 4.11: Amélioration de la portance du sol support est : S2

Classe portance du sol terrassé (Si)	Épaisseur de couche de forme (C.F)	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	50cm (en 2couches)	S3
S4	35cm	S3
S4	60cm (en 3couches)	S2
S3	40cm (en 2couches)	S2
S3	70cm (en 3couches)	S1
S2	40cm (en 2couches)	S1

Pour passer du support S2 au support S1, il faut prévoir **40 cm de TVO** afin d'obtenir les dimensions souhaitées couche de forme La structure c'est **(6BB + 12GB + 35GNT)**.

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, et la zone climatique **III**, on constate : Notre structure est :

$$6BB+12GB+35GNT+40TVO$$

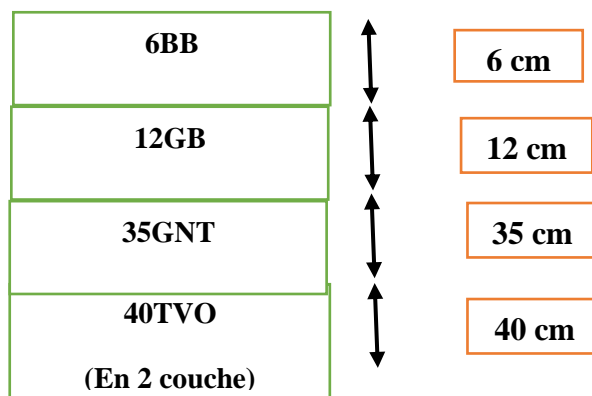


Figure 4.10 : L'épaisseur choisie par catalogue

4.7.1. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à ϵ_{tadm} et ϵ_{zadm} .

$$\epsilon_z < \epsilon_{zadm}$$

$$\text{et } \epsilon_t < \epsilon_{tadm}$$

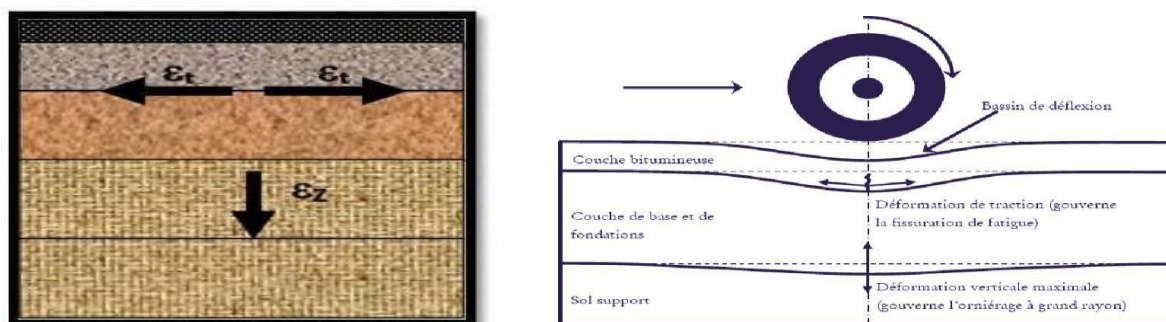


Figure 4.11 : Les charge applique de sol et la déformation de sol support.

Les données :

Tableau 4.12 : Températures équivalents Θ_{eq}

	Zone climatique		
Températures équivalentes	I et II	III	IV
Θ_{eq}	20	25	30

Zone climatique III \Rightarrow Températures équivalents $\Theta_{eq} = 25^\circ$

$\Rightarrow E(25^{\circ}, 10 \text{ Hz}) = 5500 \text{ Mpa}$

Tableau 4.13 : Risque adoptés pour réseau RP1

	Classe de trafic TPLi (PL/J/Sens)	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GC GB/GNT	25	25	20	20	15	10	5	2

Classe de trafic **TPL5** \Rightarrow **Risque R % = 10**

Fractile de loi normale, qui est fonction de risque adopté **t** :

Tableau 4.14: valeurs de t

Risque r %	25	20	15	12	10	5	2
fractile t	-0.674	-0.842	-1.036	-1.175	-1.282	-1.645	-2.054

Risque : **r% = 10** \longrightarrow **t = -1.282**

C : coefficient égal à \longrightarrow **C = 0,02**

Tableau 4.15: Valeurs du coefficient d'agressivité A

Niveau de réseaux principale « RPi »	Type des matériaux et structure	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traité au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.60
	Chaussées à matériaux traité au liant hydraulique : GL/GL, BCg/GC	1

Tableau 4.16 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériaux	E(25°,10Hz) Z) (MPa)	E(10°,10Hz) (MPa)	ϵ_6 (10°c,25Hz) 10 ⁻⁶	-1/b	SN	SH (cm)	θ	Kc calage
BB	3500	--	--	--	--	--	0.35	--
GB	5500	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après le Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- Θ_{eq} = température équivalente ($\Theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$) $\Rightarrow E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 5500 \text{ MP}$
- Classe de trafic (**TPL5**).
- Risques adoptés pour réseau RP1 (**r%=10**).
- C : coefficient égal **0.02**
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t**).
- A : coefficient en fonction du Niveau de réseaux principale « RP1 » (**A = 0.6**)

4.7.2. Calcul du trafic cumule de poids lourd (TCI)

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} = 503 \times 365 \times \frac{(1+0.05)^{20} - 1}{0.05} =$$

6070744

4.7.3. Calcul du trafic cumule équivalent (TCEI)

$$TCEi = TCi \times A = 6070744 \times 0.6 = \mathbf{3.64 \times 10^6}$$

4.7.4. Calcul de la déformation admissible au niveau du sol support

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235} = \mathbf{632 \times 10^{-6}}$$

4.7.5. Calcul de la déformation admissible pour les matériaux bitumineux

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times kne \times k\theta \times kr \times kc$$

$$kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$$

$$\text{Avec : } -1/b = 6.84 \Rightarrow b = -1/6.84 \Rightarrow \mathbf{b = -0.146}$$

$$kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = 3.64^{-0.146} = 0.827 = \mathbf{0.83}$$

$$k\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\Theta_{eq})}} = \sqrt{\frac{12500}{5500}} = \mathbf{1.507}$$

$$kr = 10^{-tb\delta}$$

$$\text{Avec } \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}Sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146}1.3\right)^2} = \mathbf{0.48}$$

Donc :

$$kr = 10^{-1.282 \times -0.146 \times 0.48} = 1.229 = \mathbf{1.23}$$

$$kc = \mathbf{1.3}$$

Donc la déformation admissible pour les matériaux bitumineux :

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.83 \times 1.507 \times 1.23 \times 1.3 = \mathbf{200 \times 10^{-6}}$$

4.7.6. Résultats de calcul par alize LCPC

Il faudra vérifier que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'**ALIZE LCPC** sont inférieures aux valeurs Admissibles **$\varepsilon_{t,adm}$** et **$\varepsilon_{z,adm}$** calculées

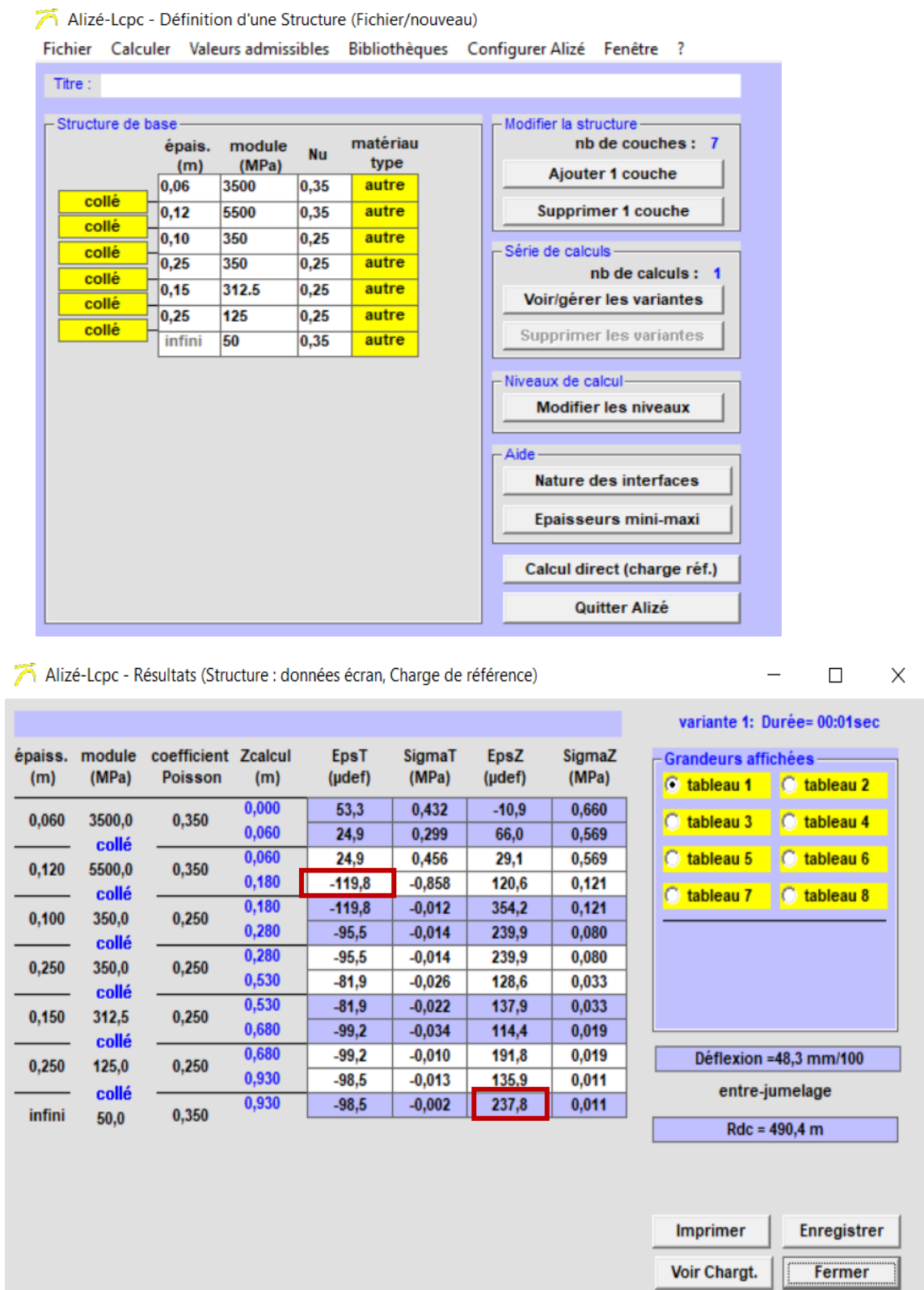


Figure 4.12 : Les résultats calculés avec le logiciel ALIZE LCPC

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ε_t sol support	119.8 X 10⁻⁶	200 x 10⁻⁶
ε_z à la base de GB	237.8 X 10⁻⁶	632X 10⁻⁶

$$119.8X 10^{-6} < 200 X 10^{-6} \quad \text{condition vérifiée}$$

$$237.8 X 10^{-6} < 632 x 10^{-6} \quad \text{condition vérifiée}$$

4.8. Conclusion

Donc après les calculs et la vérification des déformations par **ALIZE LCPC** on prend la structure qui est donnée par la méthode de catalogue algérien.

Structure de la chaussée qu'applique dans le projet

Tableau 4.17: Les résultats de la méthode retenue

Dimensionnement	Structure de la chausse du projet
CTTP	6 (BB) + 12 (GB) +35 (GNT) +40 TVO



CHAPITRE V:

ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE



Chapitre V

Etude géométrique

5.1. Introduction

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain.

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; il se fait à l'aide de Clothoïde qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

5.2. Trace en plan

5.2.1. Définition

Le tracé en plan représente une reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal, ce plan horizontal est en générale une carte topographique ou un plan de situation. Il est constitué en générale par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles reliés entre eux par des courbes de raccordements progressifs, il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

5.2.2. Règles à respecter dans la trace en plan

- Appliquer les normes du B40 si possible.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter au maximum les propriétés privées

- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant
- Éviter de passer sur les terrains agricoles et minimiser les franchissements d'oueds pour limiter les coûts de construction. Si nécessaire, il est préférable de les franchir perpendiculairement.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10 m.

5.2.3. Les éléments du tracé en plan



Figure 5.1 : Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement (CR) de courbures progressives.

A. Les Alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_R}{3.6} \quad \longrightarrow \quad L_{min} = 5 \times \frac{80}{3.6} = 111.11m$$

La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_R}{3.6} \quad \longrightarrow \quad L_{max} = 60 \times \frac{80}{3.6} = 1333.33m$$

Avec :

V_R : vitesse de base en Km/h

L_{max} et L_{min} : en m

B. Arcs De Cercle

Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système.

Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

B.1 Stabilité En Courbe

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules en temps plusieurs, en fait de fortes inclinaisons d'où on a cours à augmenter le rayon. Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaisons (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

 **Rayon minimal absolu (RH_m) :**

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

$$RH_m = \frac{V_R^2}{127 \times (ft + dmax)}$$

ft : Coefficient de frottement transversal.

$dmax$: Divers maximal

Tableau 5.1. : Coefficient de frottement transversal

V_B	40	60	80	100	120
Cat1-2	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10
Cat3-4	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11

Au divers maximum (d max) correspond le rayon minimum absolu RHm.

Tableau 5.2. : Divers maximal

V(Km/h)	Dmax (%)
Cat 1-2	7
Cat 3-4	8
Cat 5	9

Donc on aura :

$$RH_m = \frac{80^2}{127 \times (ft + dmax)} = 251.9m$$

✚ **Rayon minimal normal (RHn) :**

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant V_b de 20 (km/h) de rouler en sécurité.

Dans la réalité pour chaque catégorie, on lui associe un devers réel :

d = 5%  $V > 80 \text{Km/h}$

d = 4%  $V \leq 80 \text{Km/h}$

$$RH_n = \frac{(V_R + 20)^2}{127 \times (ft + dmax)}$$

Tableau 5.3 : Valeur du dévers – Norme B40

Catégorie	Environnement	Dévers	
		Maximum	Associé
1-2	1-2-3	7	5
3-4	3	7	5
3-4	1-2	8	6
5	1-2-3	9	6

Donc on aura :

$$RH_n = \frac{(80 + 20)^2}{127 \times (0.13 + 0.04)} = 463.17m$$

✚ Rayon au dévers minimal (RHd) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_b serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RH_d = \frac{V_b^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

$$d_{min} = 2.5\% \quad \text{Cat1-2}$$

$$d_{min} = 3\% \quad \text{Cat3-4}$$

$$RH_d = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1007.87m$$

✚ Rayon minimal non déversé (RHnd):

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RHnd).

$$RH_{nd} = \frac{V_b^2}{127 \times (f' - dmin)}$$

Avec :

$f' = 0,06$ Cat 1 et 2.

$f' = 0,07$ Cat 3.

$f' = 0,075$ Cat 4 et 5.

Donc on a :

$$RH_{nd} = \frac{80^2}{127 \times (0.06 - 0.025)} = 1439.82m$$

B.2 Application au projet

Pour notre projet : Etude du dédoublement d'un tronçon routier de la RN46 (Wilaya d'Oulad Jalal) situé dans un environnement (E2), et classé en catégorie 1 (C1) avec une vitesse de référence de **80km/h**, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le suivant :

Tableau 5.4 : recapitule les rayons du tracée en plan

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V_R	80
Rayon horizontal minimal (m)	$RH_m(7\%)$	251.9
Rayon horizontal normal (m)	$RH_n(5\%)$	463.17
Rayon horizontal au dévers minimum (m)	$RH_d(2.5\%)$	1007.87
Rayon horizontal non déversé (m)	$RH_{nd}(-2.5\%)$	1439.82

5.3. Visibilité masquée dans une sinuosité

Un virage d'une route peut être masqué du côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou une forêt, pour assurer une visibilité

étendue au conducteur d'un véhicule. Il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer.

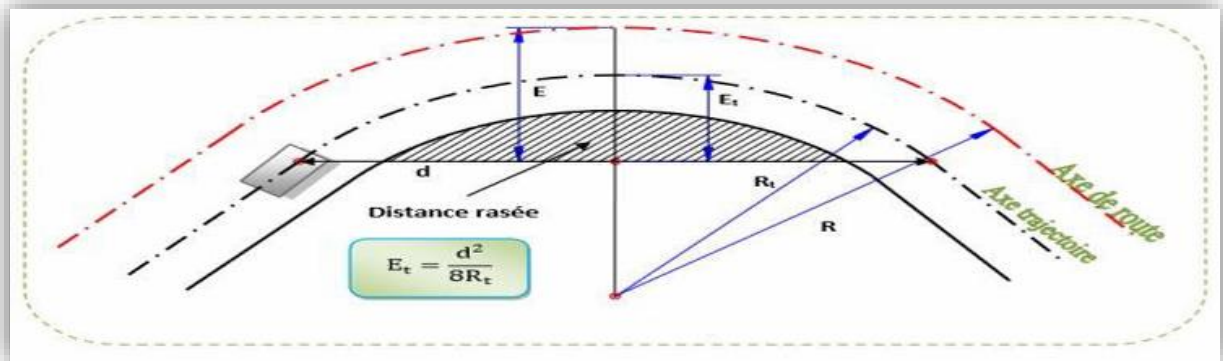


Figure 5.2 : Eléments de la Clothoïde

5.4. Distance de la visibilité

La longueur de dérasement est définie par l'équation suivante :

$$E = \frac{d^2}{8 \times R}$$

Avec : E : largeur de dérasement.

d: longueur de visibilité =Md (chaussée bidirectionnel) et $R_t = R - 2,50$ m

d =d1 (chaussée unidirectionnel) et $E = E_t + 2,50$ m

5.5. Sur largeur

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande De chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à La voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en Alignement.

$$S = \frac{L^2}{2 \times R}$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10 m)

R : rayon de l'axe de la route.

5.6. Les courbes de raccordement

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- ♣ La stabilité transversale du véhicule ;
- ♣ Confort des passagers du véhicule ;
- ♣ Transition de la forme de la chaussée ;
- ♣ Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

A. Rôle et nécessité des courbes de raccordement

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- ✓ -Stabilité transversale du véhicule.
- ✓ -Confort des passagers du véhicule.
- ✓ -Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ -Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

B. Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique ;
- Lemniscate ;
- Clothoïde.

B.1. Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

B.2. Lemniscate :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie

B.3. Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers

➤ Expression mathématique de la Clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle a la longueur curviligne L.

$$1 \quad K = C \cdot L$$

On pose: $1/C = A^2 \longrightarrow L \times R = A^2$

5.7. Eléments de la Clothoïde

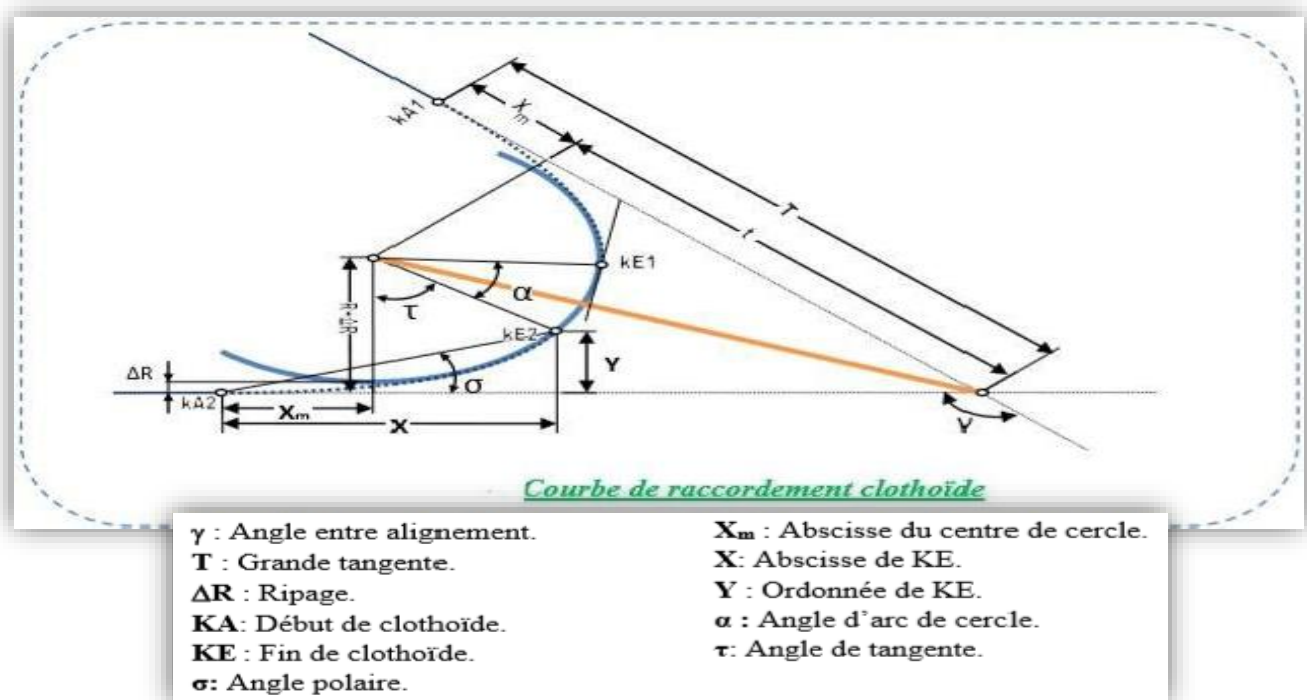


Figure 5.3 : Courbe de raccordement clothoïde

5.7.1. Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

5.7.1.1. Condition optique :

La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

Règle générale (B40):

- pour $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ $L = 24.R.\Delta R$
- pour $1500 < R \leq 5000$ $\tau=3^\circ$, c'est-à-dire : $L=R/9$
- pour $R > 5000\text{m}$ ΔR limité à 2.5m soit : $L=7.75$

5.7.1.2. Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

R : rayon en (m).

$$L \geq \left(\frac{Vr^2}{18}\right)\left[\frac{Vr^2}{127R} - \Delta d\right]$$

Δd : variation de dévers.

5.7.1.3. Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L_r \geq l.\Delta d.V_r$$

- **L_r** : longueur de raccordement.
- **l** : distance axe de rotation –bord de chaussée.
- **Δd** : variation de dévers en %.
- **V_r** : vitesse de référence (km/h).

N.B: La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi -chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

5.8. Combinaison des éléments du tracé en plan

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

a) - Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle

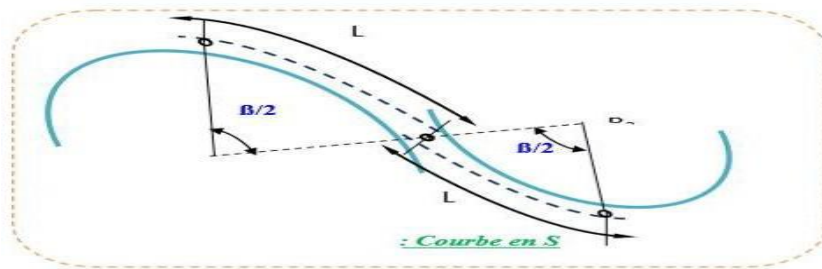


Figure 5.4 : Courbe en S

b) - Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

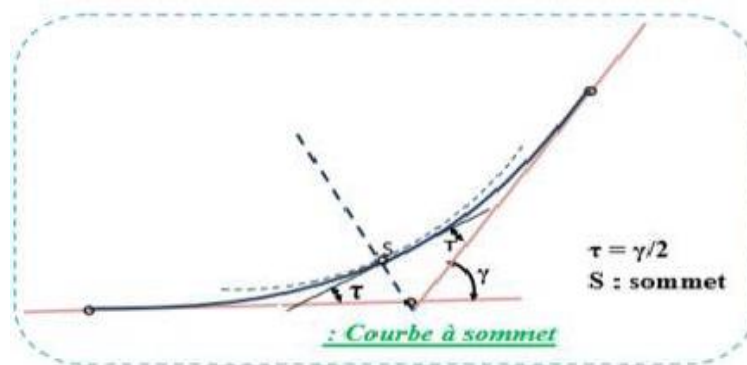


Figure 5.5 : Courbe à sommet

c) Courbe en C :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

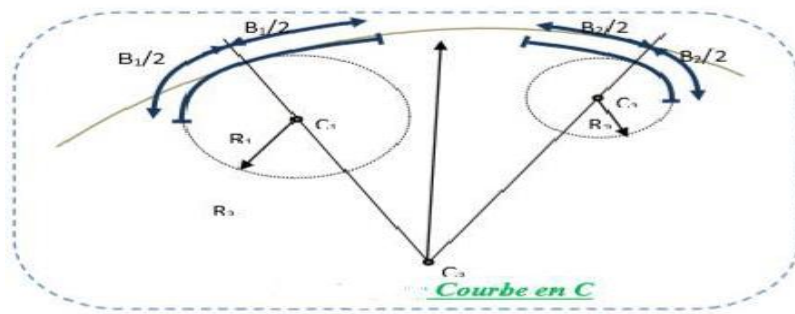


Figure 5.6 : Courbe en C

d) Courbe en ovale :

Un arc de **Clothoïde** raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être Concentrique

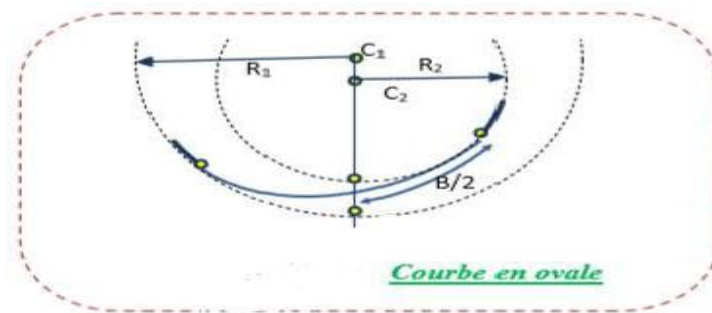


Figure 5.7 : Courbe en ovale

5.9. Notion de devers

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

A. Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à: $d_{min}=2.5\%$

B. Devers en courbe :

En courbe permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

C. Rayon de courbure :

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente ; d'où le rayon de courbure.

D. Calcul des dévers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2.5%

Et pour les courbes de rayon $R < R_{Hd}$ un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en «1/R». Arrondi à 0,5% près entre d_{max} et $d(R_{Hm})$.

Si $R_{Hm} < R < R_{Hn}$:

$$d = \frac{d_{max} - d(R_{Hn})}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}\right)} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hmax}}\right) + d_{max}$$

Entre $d(R_{Hn})$ et d_{min} si $R_{Hn} < R < R_{Hd}$

$$d = \frac{d(R_{Hn}) - d_{min}}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}\right)} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}\right) + d_{min}$$

Les rayons compris entre R_{Hd} et R_{Hnd} sont au devers minimal mais des rayons supérieurs à R_{Hnd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage

E. Raccordement de dévers :

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7%).

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des Clothoïdes :

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance D_{\min} .

$$D_{\min} = \frac{5}{36} \times v_B \Delta d$$

Appelée longueur de gauchissement.

- Pour les courbes en S, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé.

5.10. La vitesse de référence (de base)

La vitesse de référence (V_R) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométrique et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief, ...etc.).

A. Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Type de la route.
- ✓ Importance et genre de trafic.
- ✓ Topographie.
- ✓ Conditions économiques d'exécutions et d'exploitation.

B. Vitesse de projet :

La vitesse de projet VP est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en un point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales :

Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.

- ✓ Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- ✓ Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonnes conditions normales.

Remarque :

Le listing du tracé en plan (Axe) est donné par logiciel Covadis AUTOPISTE (Voir les annexes Page 01)

5.11. PROFIL EN LONG

5.11.1. Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

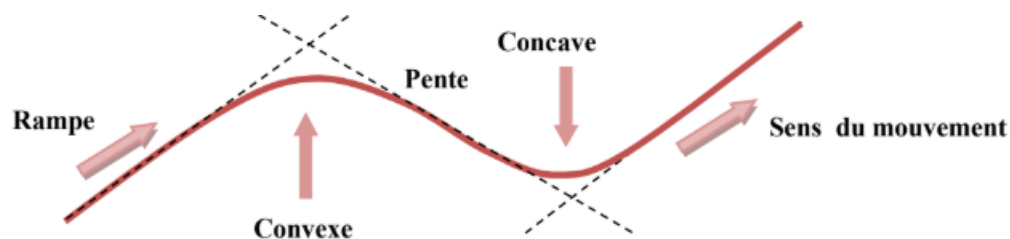


Figure 5.8 : Élément de profil en long

5.11.2. Règles à respecter dans la trace du profil en long :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur.
- ✓ Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Recherche d'un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Éviter une hauteur excessive en remblai.

- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique. Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

5.11.3. Les éléments de la composition du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- ✓ L'altitude du terrain naturel.
- ✓ L'altitude du projet.
- ✓ La déclivité du projet, etc....

5.11.4. Coordination du trace en plan et profil en long :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin.

- ✓ Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- ✓ D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- ✓ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs...etc.).
- ✓ Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracé en plan-profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
 - D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
 - D'amorcer la courbe en plan avant un point haut. Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.

- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et ceux du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

5.11.5. Déclivité :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec horizontale.

Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

A. Déclivité minimum :

Dans un terrain plat on n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement au long de la route au bord de la chaussée.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- **Au moins 0,5% et de préférences 1 %**, si possible.
- **$I_{\min}=0,5\%$** dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- **$I_{\min}= 0,5\%$** dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau

B. Déclivité maximum :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieure **1500m**, à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.

- Vitesse minimum de **PL**.
- Condition économique.

Tableau 5.5 : Déclivité maximale Selon le B40

VR Km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

✓ Pour notre cas la vitesse $V_r=80$ Km/h donc la pente maximale $I_{max}=6\%$.

5.12. Raccordement en profil en long

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords :

5.12.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

5.12.2. Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale :

$$\frac{g}{40} \text{ Pour cat 1-2}$$

$$\text{Et } \frac{g}{30} \text{ Pour cat.3-4-5}$$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$V_r^2/R_v < g/40 \quad \text{Pour } g=10\text{m/s}$$

$$R_{v \min} = \begin{cases} 0,3. V_r^2 \text{ pour cat (1 - 2)} \\ 0,23. V_r^2 \text{ pour cat (3 - 4 - 5)} \end{cases}$$

Dans notre cas $R_{vmin} = 0.3V_r^2$

$$R_{vmin} = 0.3(80)^2 = 1920 \text{ m}$$

Avec : - R_v : rayon vertical (m) - V_r : vitesse de référence (Km/h)

5.12.3. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

D_1 : distance d'arrêt (m)

h_0 : hauteur de l'œil (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

✓ Dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » : $h_0 = 1.1 \text{ m}$, $h_1 = 0.15$

On trouve :

$$R_v = 0.23d_1^2$$

5.12.4. Le confort dynamique :

En angle rentrant, le problème de visibilité ne se pose pas, mais il y a apparition d'une accélération importante (accélération centrifuge) qui influence sur le confort des véhicules.

On distingue deux types de rayon verticaux :

➤ R_{Vm} : Rayon minimal absolu calculé pour une vitesse V_r .

➤ R_v : Rayon minimal normal calculé pour une vitesse $V_r + 20$.

Pour assurer le confort dynamique des véhicules, on admet qu'une telle accélération est supportable si elle ne dépasse pas :

$$\begin{cases} \frac{g}{40} (g: \text{la pesanteur}) \text{ pour cat}(1-2) \\ \frac{g}{30} \text{ pour cat}(3-4-5) \\ \gamma_c \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow \frac{V^2}{R_v} \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow R'_v \geq \frac{V^2}{\left(\frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30}\right)} \end{cases}$$

Si on prend $g=10 \text{ m/s}^2$ et V_r en (km/h) :

➤ $R'_v > 0,3 \times V^2$ Pour les catégories 1 et 2

➤ $R'_v > 0,25 \times V^2$ Pour les catégories 3, 4 et 5

5.12.5. Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R'_v = \frac{d_1^2}{1.5 + 0.035d_1^2}$$

Avec : - R_v : rayon minimum du cercle de raccordement.

- d_1 : distance d'arrêt.

5.12.5.1. Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($L > 50$) pour des devers $d < 10\%$ (spécial échangeur).

Avec : d : changement des devers.

$$R_{vmin} = 100 \times \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

R_{vmin} : rayon vertical minimal.

Le listing du profil on long est donné par logiciel Covadis AUTOPISTE (Voir les annexes Page 02-04)

5.13. PROFIL EN TRAVERS

5.13.1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route, représentant l'ensemble des points définissant la surface de celle-ci. Dans le cadre d'un projet routier, de nombreux profils en travers sont réalisés. Pour éviter de répéter les mêmes dimensions sur chacun d'eux, un profil type est d'abord établi. Ce « profil en travers » regroupe toutes les dimensions et les détails de construction : largeur des voies, chaussée et bandes latérales, pentes des surfaces et des talus, épaisseurs des différentes couches de la superstructure, ainsi que le système d'évacuation des eaux, entre autres.

5.13.2. Différente type de profils en travers :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

A) Le profil en travers type :

Ne change pas en principe pour un tronçon routier. Le profil en travers type permet de lire les dimensions suivantes : largeur de la chaussée, des accotements, les talus en remblais et en déblais, les fossés, les dévers de la chaussée et des accotements, ainsi que les différentes couches représentant le corps de chaussée (épaisseurs et type de matériau).

B) Le profil en travers courant :

Permet d'appliquer le profil type sur le terrain réel pour déterminer les surfaces de remblai et de déblai.

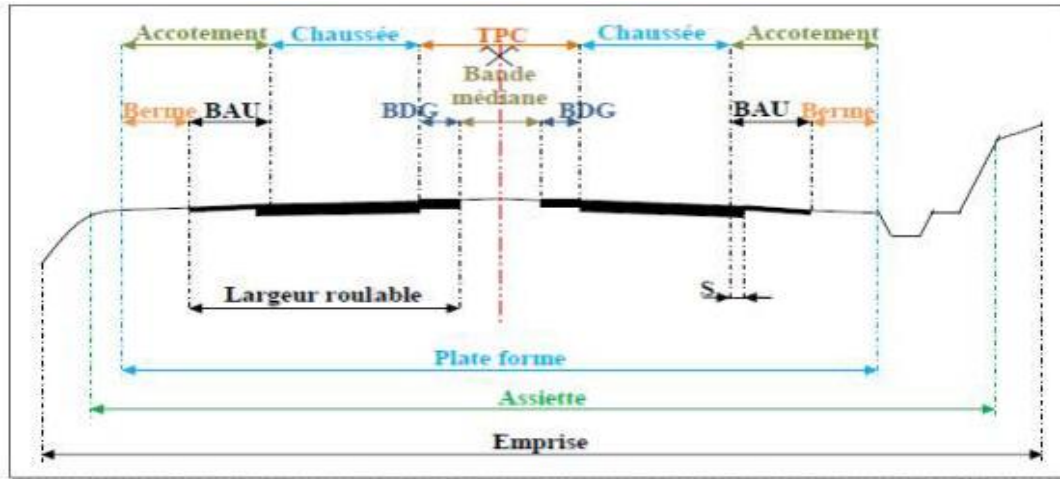


Figure 5.9 : les éléments de profil en travers

TPC : terre-plein centrale

BAU : bande d'arrêt d'urgence

BDG : bande d'arrêt de gauche

Différents types de profil en travers :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

1- Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

2- Profil en travers courants :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (Accidenté ou plat).

5.14. Les éléments de composition du profil en travers

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

- 1- La chaussée :** C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

- 2- **La largeur roulable** : Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.
- 3- **La plateforme** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussée et les accotements, éventuellement les terre- pleins et les bandes d'arrêts.
- 4- **Assiette** : Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.
- 5- **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public.
- 6- **Les accotements** : Les accotements sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
 - Une bande d'arrêt.
 - Une berme extérieure.
- 7- **Les trottoirs** : Dans les agglomérations les accotements sont spécialement aménagés pour la circulation des piétons, ils prennent le nom de trottoir.
 - 8- **Banquettes** : Lorsque le bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de 1,00m au- dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant

Une levée de terre appelée banquette .de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité

- 9- **Descentes de l'eau** : Elles permettent l'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.
- 10- **Bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence or chaussé d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- 11- **La berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- 12- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- 13- **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de

ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

14- Le talus : Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue. Cette Inclinaison exprimé par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) Pour les déblais.

15- La largeur de la chaussée : La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler.

5.15. Profil en travers de notre projet

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la RN46A sera composé d'une chaussée de dédoublement.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Deux chaussées de deux voies de 7.6 m « 7m chaussée + (2x0.3m) bande de guidage » : $2 \times (7.6) = 15.00$ m ;
- Un terre-plein central de (TPC) = 2.00 m ;
- Un accotement de 2.0 m à chaque côté droit de la chaussée ;
- Plate-forme : **21.20m.**

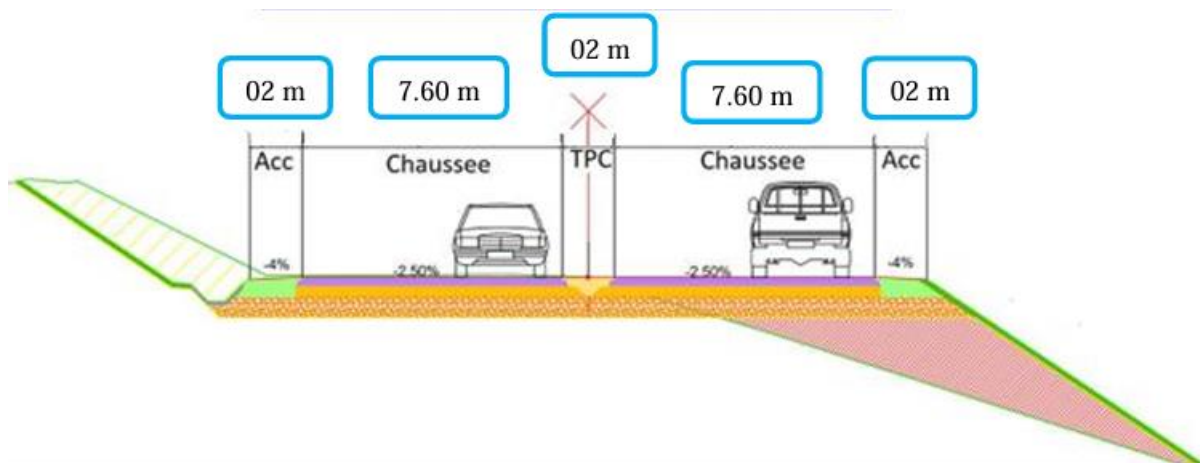


Figure 5.10 : les éléments composés du profil en travers type

Tableau 5.6 : les valeurs des différentes courbes calculés et selon le B40

	Calcul	B40
RHm (m) (7%)	251.9	250
RHn (m) (5%)	463.17	450
RHd (m) (2.2%)	1007.87	1000
RHnd (m) (-2.5)	1439.82	1400
RVn1 (m)	6000	6000
R'Vn (m)	3000	3000

5.16. CUBATURE

5.16.1. Introduction :

La cubature des terrassements consiste à calculer les volumes de terre à enlever (déblais) et les volumes à apporter (Remblai), pour donner à la route une allure uniforme et homogène pour recevoir un ceps de chaussée qui permettre aux véhicules de circuler en toutes sécurité et sérénités à partir de

- ✓ **Les Surfaces** de remblai ou de déblais obtenus par le profil en travers ;
- ✓ **Les Distances** entre profils en travers, indiquées sur le profil en long. On peut évaluer les volumes de terrassement.

5.16.2. Méthode de calcul des cubatures :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec marges d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10% et ceci dans le but d'être en sécurité.

Description de la méthode :

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblais pour chaque profil en travers. En utilisant la formule qui calcule le volume compris entre deux profils successifs :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4 S_{moy})$$

Où : h , S_1 , S_2 et S_{moy} désignant respectivement :

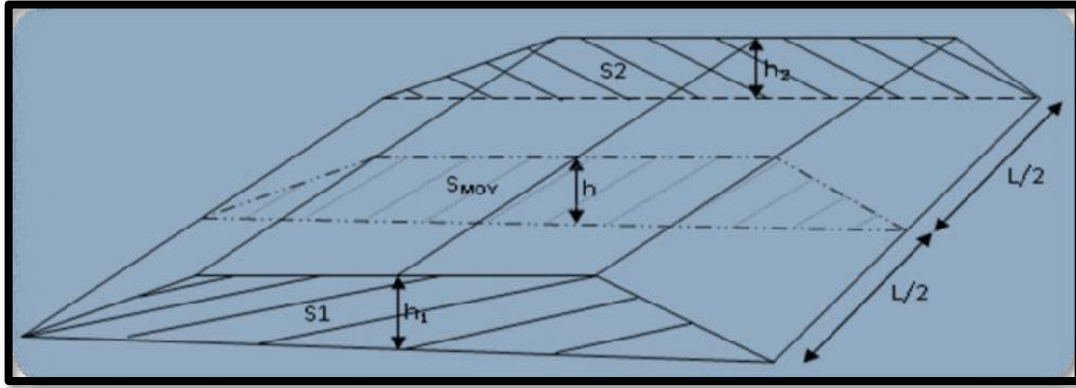


Figure.5.11 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné

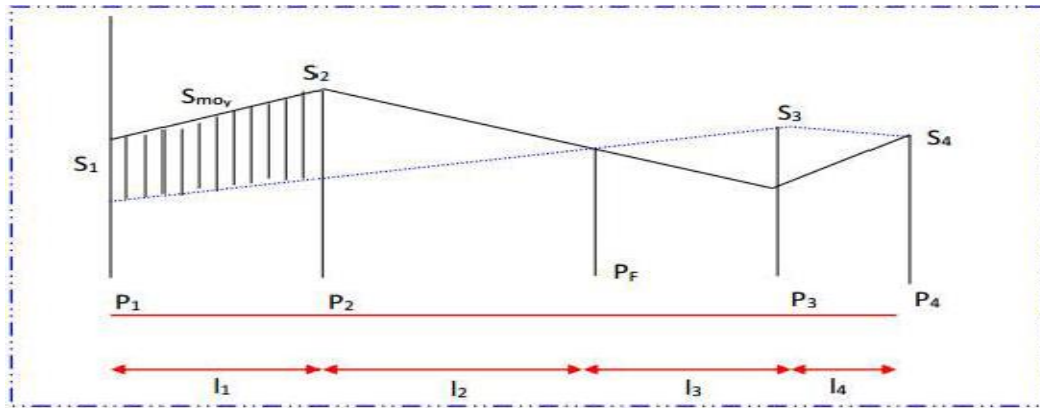


Figure.5.12 : profil en long cas mixte avec profil fictif

h : La hauteur entre deux profils.

S_1 et S_2 : Les surfaces des profils en travers.

S_{moy} : La surface limitée à mi-distance des profils.

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$V = \frac{1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant très voisines :

$$S_{\text{moy}} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

Ceci donne : Donc les volumes seront :

➤ Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{11}{2} \times (S_1 + S_2)$ Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{12}{2} \times (S_2 + 0)$

➤ Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{13}{2} \times (0 + S_3)$

En additionnant membre à membre ces expressions on aura le volume total des terrassements :

$$V_t = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

5.17. Calcul des cubatures de projet

Le calcul automatique des cubatures a donné lieu à un volume de remblai et de déblai comme suit :

- **Volume déblai** = $169511.3m^3$
- **Volume remblai** = $27290.0m^3$

NB : Les résultats des Cubatures en détails sont représentés on les annexe. (Déblai, Remblai) (voir les pages 6-15)

5.18. Conclusion

Les cubatures est calculée la quantité des déblais et remblai pour estimer le cout nécessaire total pour préparer le corps de chaussée.

Les résultats des Cubatures en détails sont représentés on les annexe. (Déblai, Remblai). (Voir les annexes les page 6-15)

- Volume de déblais est : $169511.3m^3$
- Volume de remblais est : $27290.0m^3$

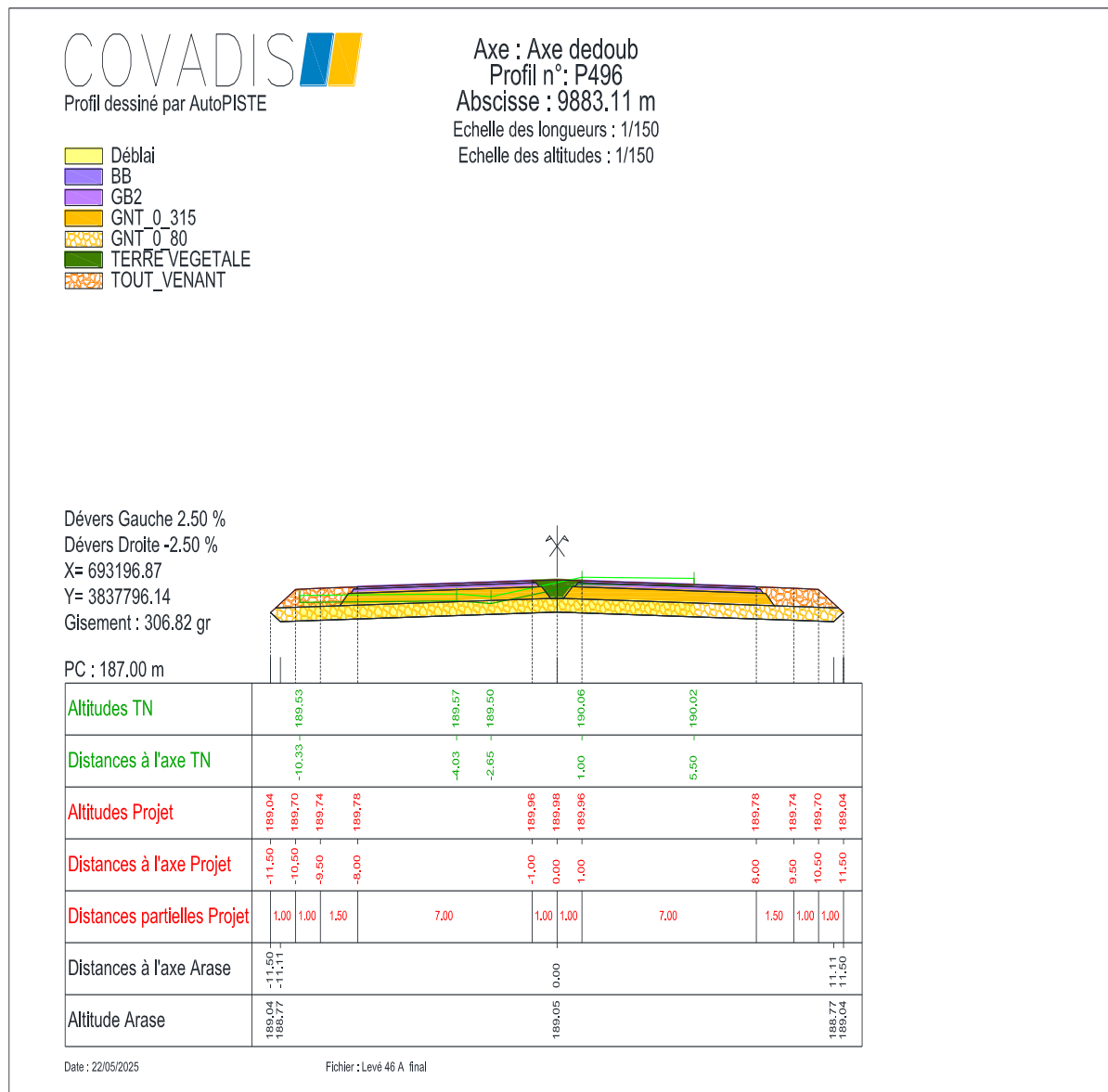


Figure.5.13 : Profil en travers Déblais

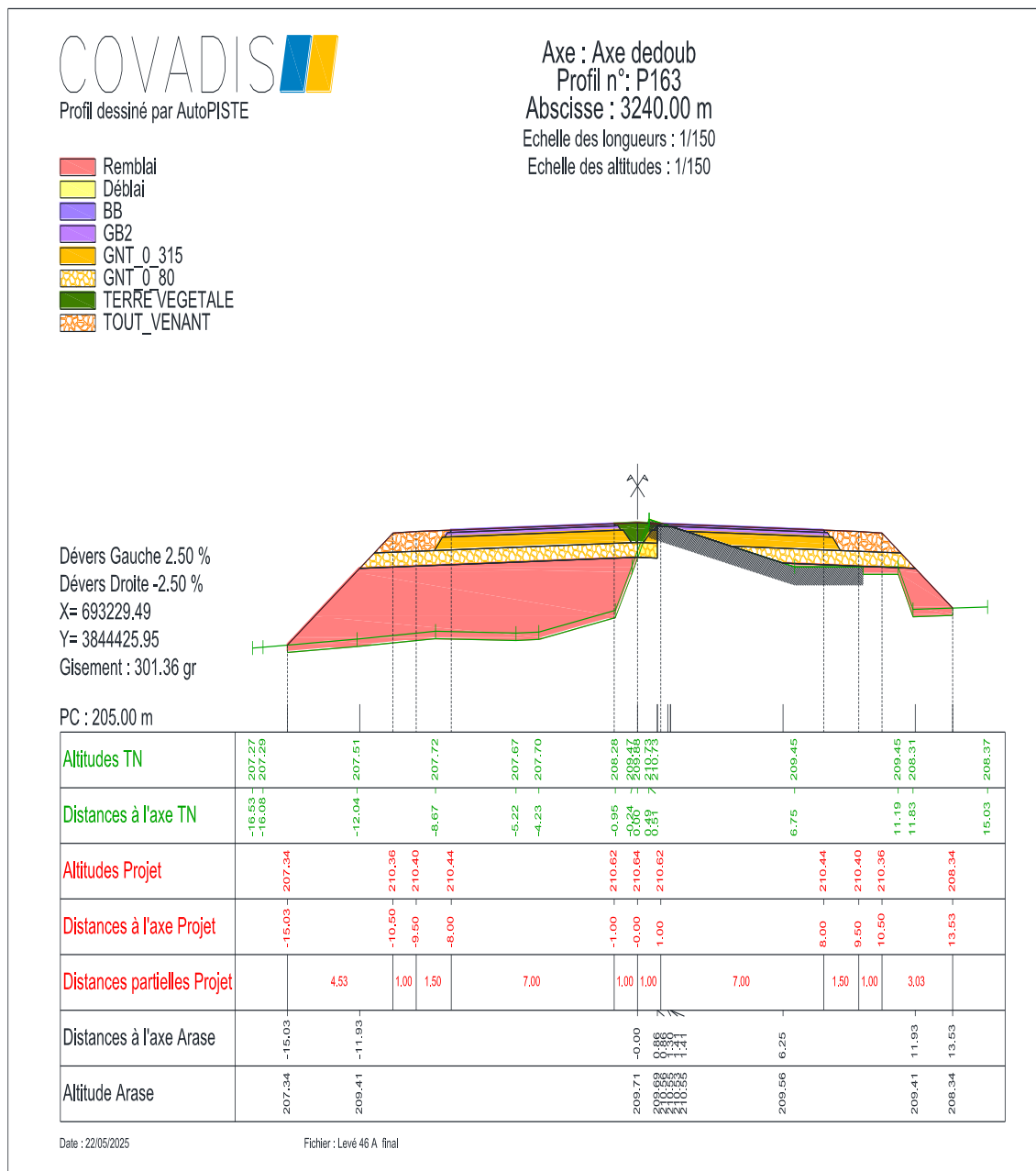


Figure.5.14 : Profil en travers Remblai



CHAPITRE VI :

GÉOTECHNIQUE



Chapitre VI

Géotechnique

6.1. Introduction

Les études géotechniques sont indispensables dès la phase d'avant-projet sommaire afin d'évaluer l'impact des choix de profil en long et, plus généralement, du tracé sur le coût global de l'ouvrage. La géotechnique, en tant que science à forte composante empirique, repose en grande partie sur les données obtenues à travers des essais en laboratoire et sur le terrain. L'étude géotechnique du site s'est principalement appuyée sur :

- L'analyse géomorphologique et lithologique du terrain,
- L'interprétation des mouvements gravitaires,
- L'estimation des tassements potentiels,
- Le recensement des gîtes a matériaux,
- Le dimensionnement de la structure de chaussée.

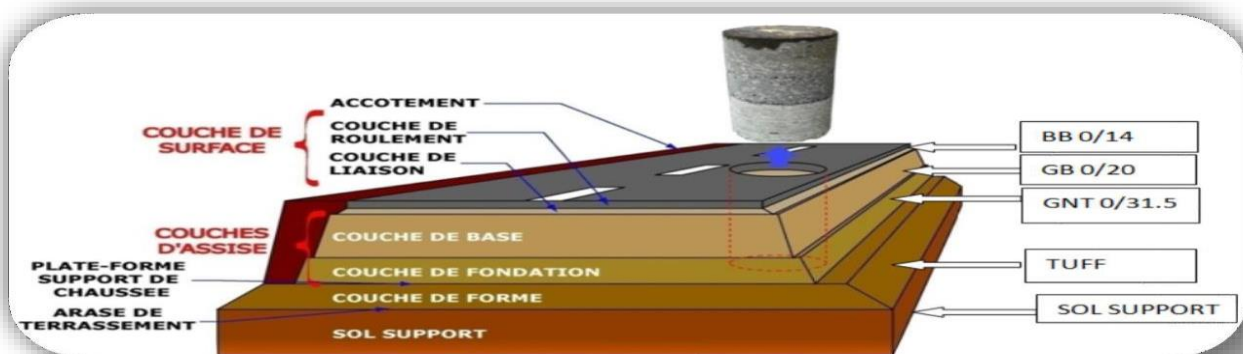


Figure 6.1 : Différente couche de la corp de chaussée

6.2. Objectifs

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument-en :

- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

6.3. Réglementation Algérienne en géotechnique

La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place.

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés au laboratoire dans le cadre des études géotechniques, par exemple :

- ✚ Les essais en place (essais pressiométrique, pénétromètre statique ou dynamique ...etc.)
- ✚ Les essais du laboratoire, essais d'identification et de classification.

6.4. Les différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont :

- ✚ Des essais d'identification.
- ✚ Des essais mécaniques.

a. Les essais d'identification

- Teneur en eau (NF P 94- 050).
- Masse volumique (NF P 94-053\ NF P 94-054).
- Analyse granulométrique par tamisage (NF P 94-056).
- Analyse granulométrique par sédimentation (NF P 94-057).
- Limites d'Atterberg (NF P 94-051).
- Essai au bleu de méthylène (NF P 94-068).

b. Les essais MECANIQUES

- Essai Proctor (NF P 94-093)
- Essai CBR (NF P 94-078)

6.4.1. Les essais d'identification

A. La teneur en eau (w%) : La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec :

$$\omega\% = \frac{\text{masse de l'eau contenue } (W_w)}{\text{masse de matériau sec } (W_s)} \times 100$$

W_w : Poids de l'eau.

W_s : Poids du sol sec.

B. Masse volumique : (γ) masse du sol par unité de volume du sol (t/m^3). $\gamma = W/V$.

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$.

- 1- **Principe de l'essai :** On mesure le volume d'eau déplacé lors de l'introduction d'un certain poids de sol sec la connaissance du poids des grains solides
- 2- **But de l'essai :** Le but de cet essai est de déterminer expérimental au laboratoire de certaines caractéristiques physiques des sols.
- 3- **Domaine d'utilisation :** cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

C. Analyses granulométriques

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

- 1- **Objectif :** L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 125 mm.

On appelle :

REFUS sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.

TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

2- Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

Les masses des différents refus et tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

Tableau 6.1 : Classification des soles selon leur granulométrie

Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
$D > 20$	Cailloux	Sols Grenus
$20 > D > 2$	Graves	Sols Grenus
$2 > D > 0.2$	Gros sable	Sols Grenus
$0.2 > D > 0.02$	Sable fin	Sols Grenus
$0.02 > D > 2 \mu$	Limons	Sols fins
$D < 2 \mu$	Argiles	Sols fins

3- But de l'essai :

C'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

4- Domaine d'utilisation :

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

5- Mode opératoire :

- Préparation de l'échantillon : La quantité de matériau (sable) à utiliser pour l'analyse granulométrique doit être assez grande pour que le matériau soit assez représentatif et en même temps assez faible pour que la durée de l'essai soit acceptable et que les tamis ne soient pas saturés.

On prend une mesure de sable (M) pratiquement, la quantité de matériau utilisée dans l'essai sera telle que sa masse M en Kg soit supérieure ou égale à 0.2 fois le diamètre du plus gros granulat D en mm

($M \geq 0.2.D$), dont le prélèvement devrait respecter les conditions de l'échantillonnage.

- Préparation de l'échantillon qui sera analysé. Le choix du matériau imposera aussi le choix des tamis. L'échantillon choisi devra être sec. Sa teneur en eau pourra être vérifiée avec l'essai correspondant de mesure de teneur en eau.
- Monter la colonne de tamis dans l'ordre décroissant en mettant le tamis avec la plus grosse maille en haut et le tamis avec la plus petite maille en bas, en finissant avec le fond de tamis et le couvercle de la colonne.

- Verser le matériau sec dans le tamis
- Fermer le couvercle de la colonne de tamis
- Secouer manuellement ou mécaniquement la colonne de tamis
- Reprendre un à un les tamis en ajoutant le fond et le couvercle le tamisât intégrant le tamis suivant et le refus restant dans le tamis initial.
- Déterminer à l'aide de la balance électronique la masse de chaque refus
- Réaliser cette opération sur tous les refus y compris le matériau dans le fond de la colonne de tamis
- En fin les calculs :
 - Les résultants des déférentes pèses cumulées sont portés sur une feuille d'essai
 - Calculé les refus cumules (GR), refus cumule(%), tamisat (%).
 - Tracer la courbe granulométrique pour chaque série (sable) puis la comparée avec le fuseau de sable 0/5 pour voir le type de sable.

Pourcentage massique de refus :

$$100 - P = 100 R/ms$$

Où : R : refus cumulés ;

ms : masse totale initiale de l'échantillon de sol sec.

$$P = 100 (1 - R/ms)$$



Figure 6.2: les phases de l'essai analyse granulométrique

D. Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance (). Ces deux limites :

- **Limite de liquidité (W_L)** : est une valeur de teneur en eau qui indique le passage du sol à l'état liquide, elle est obtenue théoriquement par une fermeture correspondant à $N=25$ chocs.

$$W_L = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Avec :

N : Nombre de coups.

W : Teneur en eau au moment de l'essai donnant N coups.

- **Limite de plasticité (W_P)** Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique. Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.
- **L'indice de plasticité (I_p)** :

L'indice de plasticité mesure l'étendue de la plage de teneur en eau dans laquelle le sol se trouve à l'état plastique. Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus Plastique, au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement

$$I_p = W_L - W_P$$

Suivant la valeur de leur indice de plasticité, les sols peuvent se classer comme suit :

$I_p < 12$: Faiblement argileux.

$12 \leq I_p < 25$: Moyennement argileux.

$25 \leq I_p < 40$: Argileux.

$I_p \geq 40$: Très argileux.

1- principe de l'essai:

Les limites d'Atterberg consistent en des teneurs en eau limites qui marquent la transition entre deux états de consistance dans un sol cohérent. Ces limites permettent de classer les sols selon leur plasticité et sont obtenues de manière empirique à l'aide de méthodes normalisées.

La manipulation consiste à exploiter les résultats de l'analyse granulométrique d'un sol et à définir ses limites d'Atterberg afin de le classer au sens de la classification

L'essai s'effectue en deux phases :

Phase (1): Recherche de la teneur en eau W_L pour laquelle une rainure de dimension normalisée, pratiqué dans le sol disposé dans la coupelle de Casagrande, se ferme sous l'action de 25 chocs appliqués de manière normalisée.

Phase (2): Recherche de la teneur en eau W_p pour laquelle un cylindre de sol de diamètre 3mm se brise.

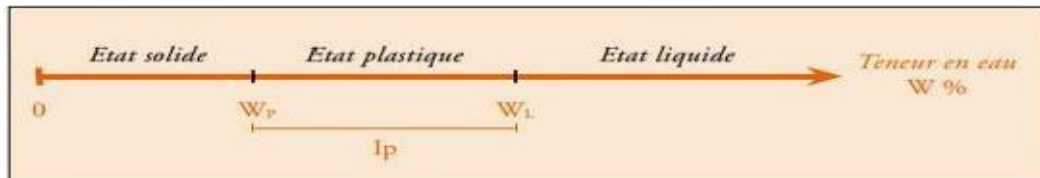


Figure 6.3 : les différents états de consistance.

2- But de l'essai :

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

3- Domaine d'application :

L'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme).



Figure 6.4 : Détermination de la limite d'Alterberg.

E. Essai au bleu de méthylène

La détermination de la valeur au bleu de méthylène d'un sol (V.B.S) a pour but de mesurer la quantité et l'activité argileuse d'un sol par dosage de la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur la prise d'essai. Cette valeur est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol.

1- Objectifs Spécifiques

Déterminer la quantité de colorant (bleu de méthylène) fixée par 30 g de la fraction granulaire analysée et calculer la valeur de bleu D'un sable « V.B.S ».

2- But de l'essai :

Mesurer la quantité de bleu de méthylène nécessaire pour saturer un sol. Cette dernière est directement liée à la surface spécifique qui est elle-même reliée à l'activité du sol.

3- Principe de la manipulation :

Consiste à doser une prise d'essai mise en suspension avec du bleu de méthylène. A saturation, une goutte de la suspension déposée sur du papier filtre provoque la formation d'une tâche avec une auréole.

4- Mode opératoire :

- Prendre 10 grammes de sol sec passé au tamis 5mm.
- Mettre la prise d'essai à tremper dans un b cher avec 100 cm d'eau.
- A l'aide de l'agitateur (700 tr/min), dispersée la suspension pendant 5 min.
- A l'aide du dispositif de dosage, introduire 5 cm³ de bleu et agiter (400 tr/min) pendant 1 min.
- A l'aide d'une baguette, déposer une goutte de la suspension sur du papier filtre (l'essai de la tâche).

Test négatif

- Si le test est négatif (tâche sans auréole), ajouter 5 cm³ de bleu et refaire l'essai de la tâche (Op ration5) après une minute. Cette opération sera répétée autant de fois qu'il sera nécessaire jusqu'à ce que le test de la tâche soit positif (tâche avec auréole).

Test positif

- Si le test est positif (tâche avec auréole), procéder à 5 essais successifs (un test par minute) sans ajouter de bleu.
- Si les 5 essais sont positifs, l'essai est terminé.
- Si au cours de ces tests de la tâche, l'une des tâches deviendra sans auréole, ajouter uniquement 2,5 cm³ et reprendre les tests de la tâche jusqu'à ce que les 5 essais soient positifs.

Valeur de Blue méthylène : $VBS = (\text{masse de bleu} / \text{masse de l'échantillon sec}) * 100$

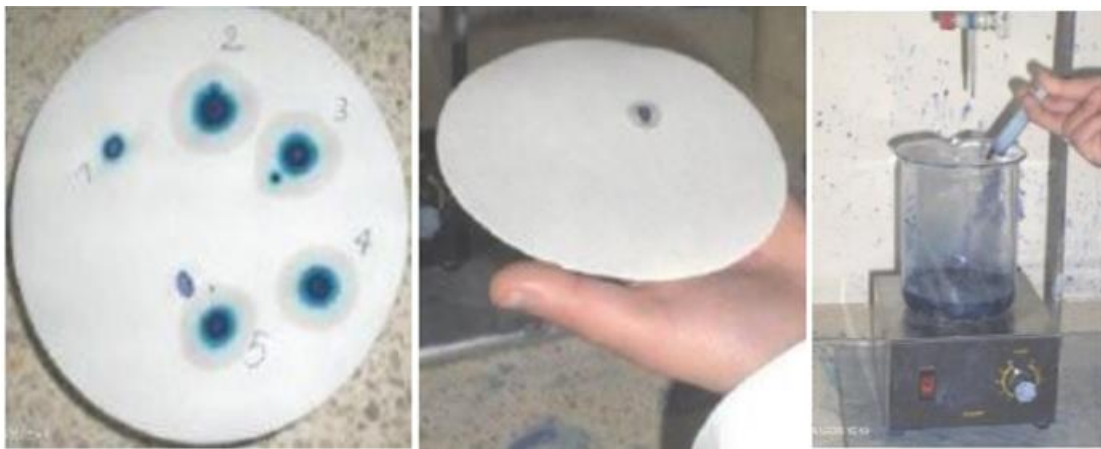


Figure 6. 5 : les phases de l'essai VBS.

6.4.2. Définitions des essais mécaniques

A. Essai PROCTOR

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale. Les remblais pose à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

- La stabilité des talus
- La résistance des talus à l'érosion.
- Le tassement.
- Le compactage.

1- But de l'essai :

L'essai Proctor a pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « teneur en eau optimum Proctor ».

2- Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

B. Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

1- Principe de l'essai :

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois énergies de compactage. 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre jours. Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

2- But de l'essai :

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

3- Domaine d'utilisation :

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

C. Essai Los Angeles

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine « Los Angeles ».

1- But de l'essai :

La détermination de la résistance à la fragmentation par choc et à l'usure par frottements.

2- Principe de l'essai :

L'essai consiste à mesurer la masse m d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 47 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

3- Matériel :

- Machine Los Angeles
- Boulets sphériques
- Jeu de tamis
- Cribleur
- Etuve

4- Mode opératoire :

- Mise en place de l'échantillon dans la machine ainsi que la charge de boulets relatifs à la classe granulaire choisie.

Tableau 6.2 : Classe granulaires, poids d'échantillons et boulets équivalent

Classes granulaires (mm)	Fractions	Nombre de boulets	Poids total de la charge (g)	Poids des fractions (g)
4 – 6,3		7	3080 ± 20	5000 ± 2
6.3 - 10		9	3960 ± 25	5000 ± 2
10 – 14		11	4840 ± 25	5000 ± 2
10 - 25	10 – 16	11	4840 ± 25	3000
	16 – 25	11	4840 ± 25	2000
16 – 31,5	16 – 25	12	5280 ± 25	3000
	25 – 31,5	12	5280 ± 25	2000
25 – 50	25 – 40	12	5280 ± 25	3000
	40 – 50	12	5280 ± 25	2000

- Remplacer le couvercle et serrer les boulons de fixation. Mise en route de l'essai en faisant effectuer à la machine 500 rotations à une vitesse régulière comprise entre 30 et 35 tr/mn. Placer l'échantillon dans l'eau et porter à l'ébullition.
- Enlever le granulat après l'essai. Recueillir le granulat dans un bac placé sous l'appareil, en ayant soin d'amener l'ouverture juste au-dessus de ce bac, afin d'éviter les pertes de granulat.

- Tamiser le matériau contenu dans le bac sur le tamis de 1.6 mm ; le matériau étant pris en plusieurs fois afin de faciliter l'opération. Laver le refus à 1.6 mm dans un bac, bien remuer à l'aide d'une truelle. Puis verser dans le bac perforé, égoutter et sécher à l'étuve jusqu'à poids constant. Peser ce refus une fois séché, soit m' le résultat de la pesée.



Figure6. 6: les phases de l'essai de LOS ANGELOS

5- Essai Micro-Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

1- But de l'essai :

L'essai Micro-Deval (MDE) permet de déterminer la résistance à l'usure d'un échantillon de granulat. Quatre échantillons identiques, de fraction 10/14 mm, sont soumis à un cycle d'usure, en présence d'eau, par contact avec des billes d'acier à l'intérieur d'un cylindre en rotation.

Le coefficient Micro-Deval obtenu est le pourcentage de l'échantillon initial passant au tamis de 1.6 mm après usure. Plus le pourcentage d'usure est bas, plus l'échantillon est résistant à l'usure.

45% est la limite entre les sols durs et les sols friables.

2- Matériels utilisés :

- Machine MICRO DEVAL.
- Billes d'acier.
- Etuve.
- Balance 15 kg .
- Tamis 1.6 mm



L'appareil Micro Deval



Les boulets à mélanger avec l'échantillon



Etuve



Balance de précision 1/100 g



Tamis de 1.6 mm

Figure 6.7 : Matériaux utilisés

3- Mode opératoire :

L'essai se déroule en suivant les étapes suivantes :

- Essai sur les gravillons compris entre 4 et 14 mm. Mise en place de l'échantillon dans la machine ainsi que la charge de boulets relatifs (Tableau 6.3) à la classe granulaire choisie.

Tableau 6.3 : Classe granulaires, poids d'échantillons et boulets équivalent

Classes granulaire(mm)	Poids échantillon(g)	Poids de la charges(g)
4 – 6.3	500 ± 2	2000 ± 5
6.3 – 10	500 ± 2	4000 ± 5
10 – 14	500 ± 2	5000 ± 5

- Pour l'essai humide (en présence d'eau), ajouter 2.5 l d'eau.
- Remplacer le couvercle et serrer les boulons de fixation. S'assurer que les cylindres sont étanches pendant leur rotation.
- Mise en route de l'essai en faisant effectuer à la machine 12 000 rotations à une vitesse régulière de (100 ± 5) tr/min pour toutes les classes, soit deux heures.
- Enlever le granulat après l'essai. Recueillir le granulat dans un bac placé sous l'appareil, en ayant soin d'amener l'ouverture juste au-dessus de ce bac, afin d'éviter les pertes de granulat.
- Tamiser le matériau contenu dans le bac sur le tamis de 1.6mm ; le matériau étant pris en plusieurs fois afin de faciliter l'opération.
- Laver le refus à 1,6 mm dans un bac, bien remuer à l'aide d'une truelle. Puis verser dans le bac perforé, égoutter et sécher à l'étuve jusqu'à poids constant.
- Peser ce refus une fois séché, soit m le résultat de la pesée
- **Calculer alors le coefficient MDE pour chaque cylindre de cette façon :**
« Coefficient Deval ». Le coefficient Micro-Deval MDE est égal à :

$$MDE = 100 \times \frac{m}{500}$$

Avec :

m : masse du refus à 1.6 mm.

La valeur du MDE en %

NB : La valeur du MDE à utiliser, arrondi à l'entier le plus proche, est la moyenne des deux essais.

6.5. Résultat des essais au laboratoire :

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6.4: Les résultats des essais de laboratoire

Localisation PK	Granulométrie				Limites D'atterberg		Proctor Modifié		CBR 95% Opm	ES %	Classification selon GTR			
	D _{max} (mm)	% Tamisât à 2mm	% Tamisât à 80µm	% Tamisât à 50µm	WL	IP	γD Max (t/m ³)	W _{opm}			classe	Description	Sous classe	Classification GTR
82+200	≥50	45	22	82	42.44	12.99	01.86	12.41	28.45	-	C1	Sol comportant des fines et des gros éléments	C1B6	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières..
92+000	≥50	61	27	78	33.71	11.25	01.76	12.07	27.98	-			C1B5	
95+000	≥50	53	37	87	31.79	9.35	01.91	14.69	11.19	-			C1A1	Argile à silex, éboulis, moraines alluvions grossières
99+000	≥ 50	73	42	97	31.79	9.35	01.90	14.05	11.38	-			C1A1	
102+200	≥50	61	27	78	33.71	11.25	01.76	12.07	27.98	-			C1B5	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières
104+400	≥ 50	86	42	100	31.68	10.35	01.91	12.31	10.73	-			C1A1	Argile à silex, éboulis, moraines, alluvions grossières

Tableau 6.5 : Résultats de l'essai (limite d'Atterberg)

Localisation des puits		PK 102+200	PK 1 0 4 + 4 0 0
Profondeur (m)		0,00 – 1.50	0,00 – 1.50
Limites d' Atterberg	WL (%)	33.71	31.68
	Wp (%)	22.46	21.33
	Ip (%)	11.25	10.35

Tableaux 6. 6 : Résultats de l'essai (Proctor)

Localisation des puits			PK 102+200	PK104+400
Profondeur (m)			0,00 – 1.50	0,00 – 1.50
Essais mécaniques	Proctor modifié	$\gamma d_{max}(\frac{t}{m^3})$	1.76	1.91
		W _{opm}	12.07	12.31

Tableaux 6. 7 : Résultats d'échantillon N°01 (sondage n°01 pondeur 1350 à 1375)

Essais	Normes	Résultats	
Sulfate SO_4^{2-} %	NA 5042/2015	4.6875	
Spécification et classe d'agressivité	NA 778/2010	>3000 et ≤ 12000	XA2 : Environnement d'agressivité chimique modérée
Chlorure %	NA 5042/2015	0	
Résidu insoluble %	NA 5042/2015	1	
Gypse %	NA ISO 10390/2011	24.3381	
pH	NA ISO 10390/2011	7.7	
Matière organique %	NA 16209/2005	0.5	
Qualificatif selon la teneur en matière organique	NA 16201/2005	$3 < \text{CMO} \leq 10$	Faiblement Organique
Carbonate %	NA 16210/2005	54%	
Classification	NA 16210/2005 30 à 69	Moyennement calcaire	

Tableaux 6. 8 : Résultats d'échantillon N°02 (sondage n°02 pondéur 7.6 à 7.9)

Essais	Normes	Résultats	
Sulfate SO_4^{2-} %	NA 5042/2015	6.8668	
Spécification et classe d'agressivité	NA 778/2010 >3000 et ≤ 12000	>3000 et ≤ 12000	XA2 : Environnement d'agressivité chimique modérée
Chlorure %	NA 5042/2015	0	
Résidu insoluble %	NA 5042/2015	5	
Gypse %	NA ISO 10390/2011	28.2101	
pH	NA ISO 10390/2011	7.7	
Matière organique %	NA 16209/2005	0.5	
Qualificatif selon la teneur en matière organique	NA 16201/2005	$3 < \text{CMO} \leq 10$	Faiblement Organique
Carbonate %	NA 16210/2005	79%	
Classification	NA 16210/2005 70 à 89	Fortement calcaire	

6.6. Conclusion :

Du point de vue portance, les valeurs CBR présentent des valeurs :

- CBR = 10, le sol est de la classe S2 dont la portance est moyenne.

D'après les résultats de l'essai CBR= 19.6, nous recommandons un sectionnement de la couche de forme en visons la SUR CLASSEMENT de portance S1 (EV1=125Mpa) :

Puisque le terrain et de nature sable des dunes soit Disons que notre terrain ou en va exécutée ce projet est homogène sur toute la longueur du projet on prend en considération la couche de forme selon l'abaque de la portance de sol et 40 cm en TVO.



CHAPITRE VII :

OUUVRAGE

D'ART (DALOT)



Chapitre VII

Ouvrage d'art (dalot)

7.1. Définition d'un dalot

Les dalots, sont de petits ouvrages en béton armé et présente une section rectangulaire ou carrée. Placés sous la chaussée pour permettre le passage de l'eau (cours d'eau, fossés). Ils conviennent bien pour des portées modestes (jusqu'à 25 m) et peuvent être fondés sur des sols peu résistants, sauf les terrains très compressibles. Pour des débits élevés, on peut juxtaposer plusieurs cadres pour former une batterie de dalots.

7.2. Importance du Dalot

- ✓ Prévenir l'accumulation d'eau sur les routes.
- ✓ Protéger les routes contre l'effondrement dû à l'infiltration d'eau.
- ✓ Aider à la gestion des eaux pluviales et des crues.
- ✓ Élément essentiel dans les réseaux de drainage urbains.

7.3. Types de Dalots

7.3.1. selon la Forme:

- ❖ Dalot circulaire:

Economique, idéal pour petits ouvrages de drainage.

- ❖ Dalot cadre (rectangulaire ou carré):

Le plus polyvalent et adapté aux grands débits.

- ❖ Dalot voûté:

Bon compromis entre forme et capacité, mais coûteux.

- ❖ Dalot à Dalle ouverte:

Pratique pour zones peu profondes et écoulement à ciel ouvert.

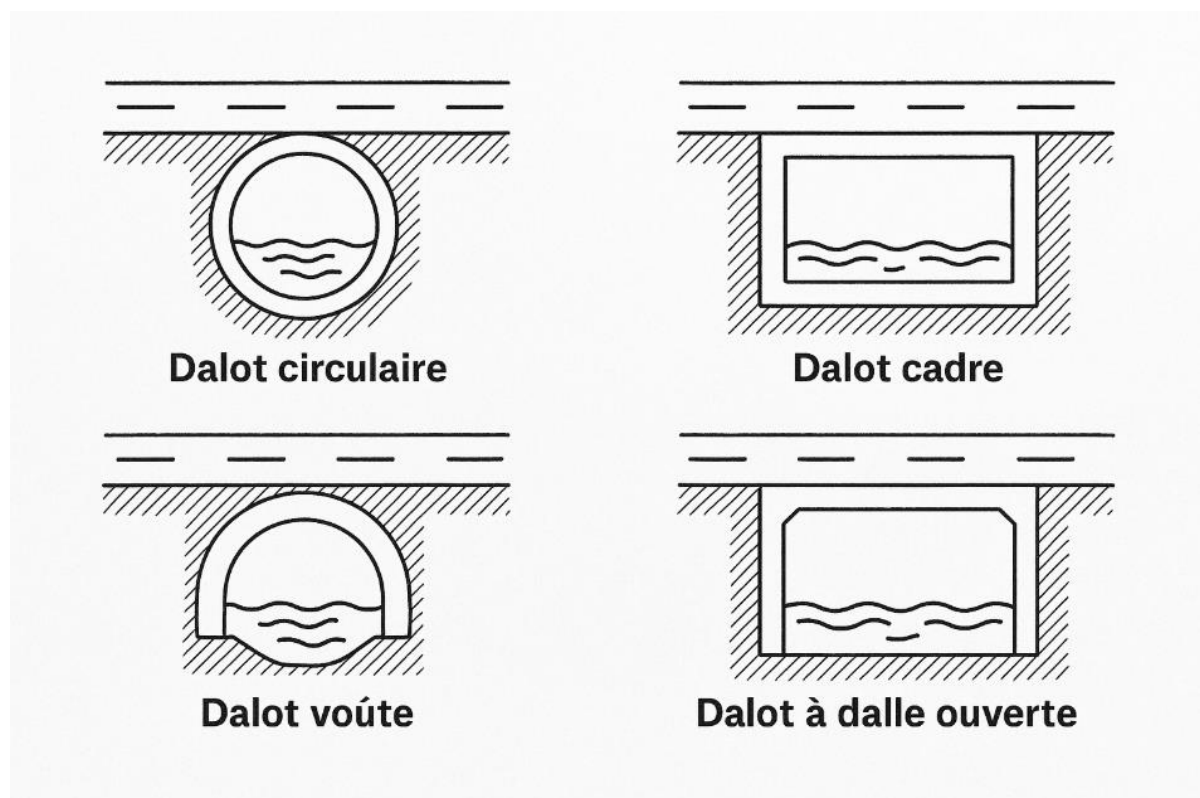


Figure 7.1 : Schéma à différent type de dalot

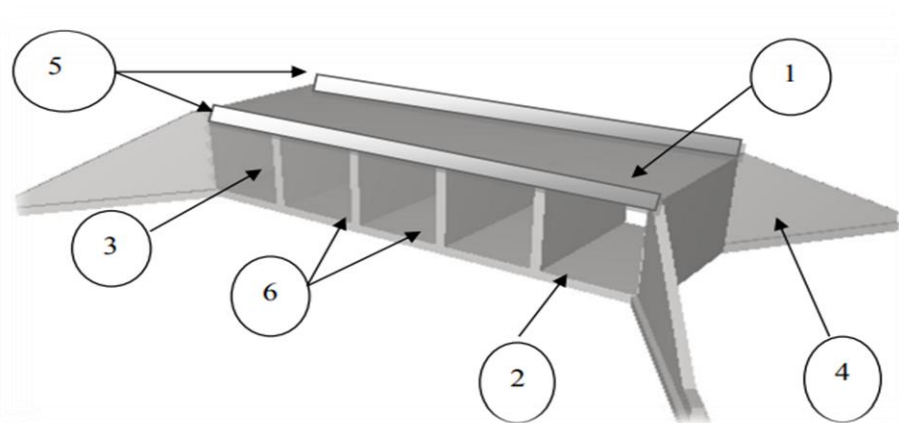
7.3.2. Types selon le Nombre d'Ouvrages

- ❖ Cellule unique (Single cell)
- ❖ Cellules multiples (Multi-cell)

7.4. Matériaux Utilisés

- ❖ Béton armé : le plus courant, surtout pour les dalots cadre. (En choisir selon BAEL)
- ❖ Béton précontraint : pour des structures plus robustes.
- ❖ Acier : léger, facile à poser, utilisé pour les grands tuyaux.
- ❖ Plastique renforcé (HDPE, PVC) : pour les petits diamètres, résistant à la corrosion.

7.5. les composants dun dalot



- | | |
|-----------------|------------------|
| 1- Tablier | 4- Murs en ailes |
| 2- Radier | 5- Murs en tête |
| 3- Pieds droits | 6- Les goussets |

Figure 7.2 : Schéma du dalot

Le dalot est composé de :

- ❖ **Tablier** : est une dalle encastrée sur les pieds droits
- ❖ **Radier** : c'est une fondation superficielle reposant sur béton de propreté
- ❖ **Pieds droits** : Voiles encastrées sur le radier et la dalle.
- ❖ **Murs en ailes** : Il s'agit de murs en T renversé, composés d'un voile vertical de hauteur variable encastré sur une semelle.
- ❖ **Murs en tête** : La fonction des murs en tête et les murs en ailes est d'assurer le soutènement des remblais.
- ❖ **Les goussets** : Les goussets sont des renforcements triangulaires de l'angle de deux pièces perpendiculaires. Ils sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, à résorber les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, sur tout pour les portées importantes.

Le choix des goussets : le choix du gousset dépend du porté de dalot

◆ Angle supérieur (coupe droite) :

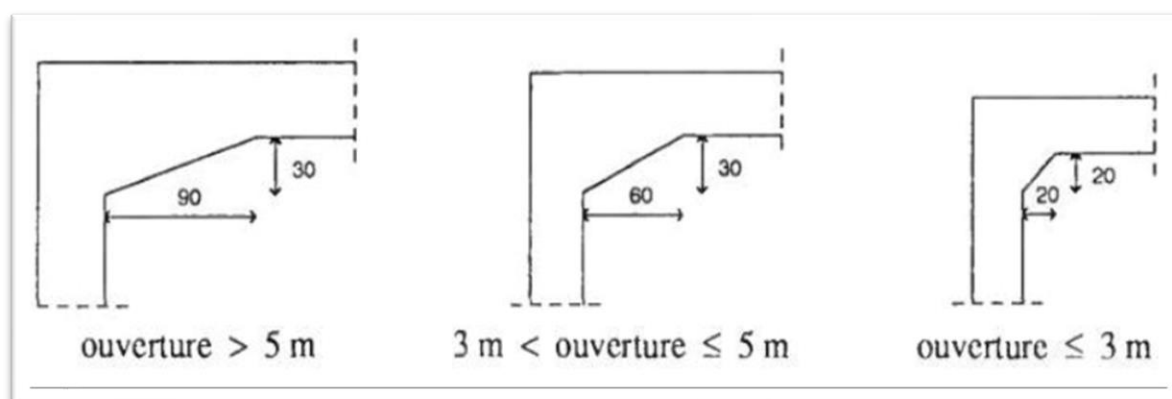


Figure 7.3: Le choix des goussets angle supérieur

◆ Angle inférieur (coupe droite) :

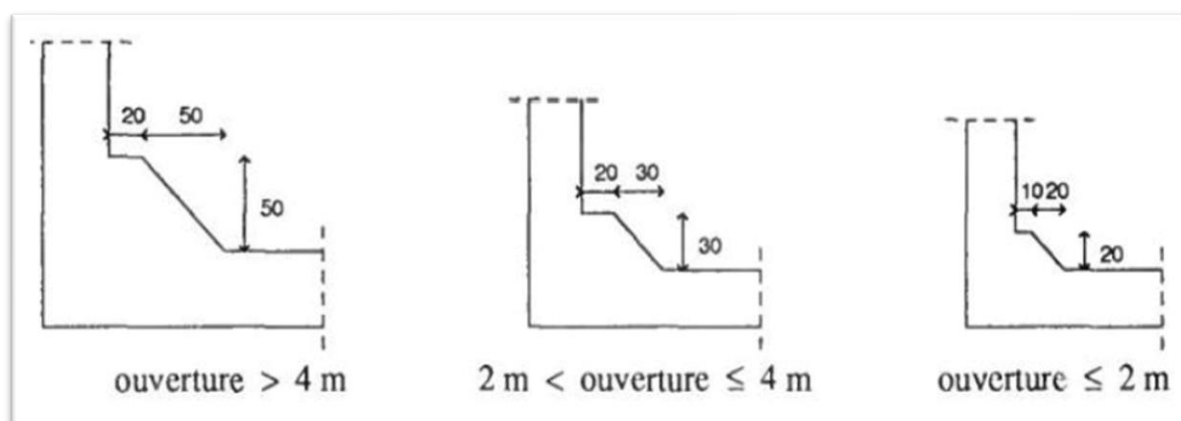


Figure 7.4: Le choix des goussets angle inférieur.

7.6. Les différentes charges et les surcharges appliquées à l'ouvrage

Les actions appliquées à un ouvrage peuvent être permanentes ou variables.

➤ **Les actions permanentes (G) comprennent :**

- ✓ Le poids des éléments porteurs : (dalle, les poutres ...).
- ✓ Le poids des éléments non porteurs : dont l'existence est imposée par la fonction de l'ouvrage : (mur en tête le corps de chaussée, glissières ...).

➤ **Les actions variables, de leur cote, comprennent :**

- ✓ **Les charges d'exploitation**

Les règlements des charges sur les ponts font partie de l'ancienne génération. Elles sont regroupées dans le Fascicule 61 titre I, II, III .

- **Le titre I** : relatif aux ponts ferroviaires.
- **Le titre II** : relatif aux ponts routes.
- **Le titre III** : relatif aux ponts canaux.

Elles doivent alors comporter une marge, afin de permettre ultérieurement des modifications éventuelles des conditions d'exploitation ; l'expérience montre en effet que, lorsqu'un ouvrage a été conçu de façon à satisfaire trop strictement aux conditions prévues, tout changement de celles-ci impose des renforcements très onéreux des structures porteuses.

✓ **Les charges climatiques :**

Essentiellement l'eau, températures et la charge hydraulique.

- Charges permanentes et compléments des Charges permanentes :

Les charges permanentes comprennent le poids propre de la structure porteuse, et les compléments des charges permanentes sont des éléments non porteurs et des installations fixes ; on les appelle accessoires.

➤ **Poussé de terre :**

$$P_t = 12H\sigma'_p \text{ et } \sigma'_p = \sigma'_v K_p$$

Avec K_p : le coefficient de poussé

$$K_p = tg^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \text{ avec } \varphi: \text{l'angle de frottement interne de remblai sans cohésion.}$$

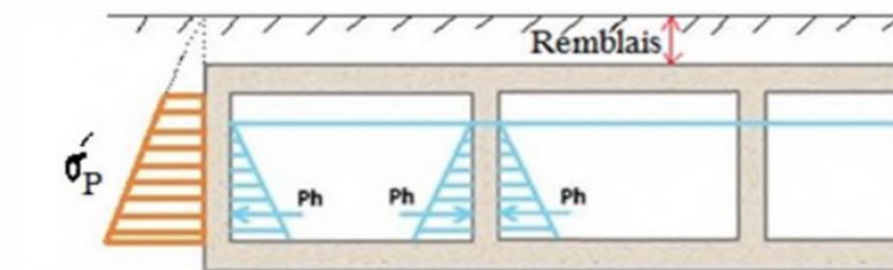


Figure7.5 : Action de la poussée des terres sur le dalot.

➤ Les surcharges routières

On distingue :

❖ La surcharge de type A (L).

✓ Système de charges type A (L)

Le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont la l'intensité dépend de la longueur L chargée est donne par la formule suivante :

$$A_2(L) = a_1 \times a_2 \times A(L)$$

❖ Système B. (Br. Bc. Bt).

❖ MC120.

7.7. Application d'un projet

Dans notre projet, nous avons environ 08 dalots implantés le long de la route, avec des dimensions variées comme indiqué :

- On PK104+450

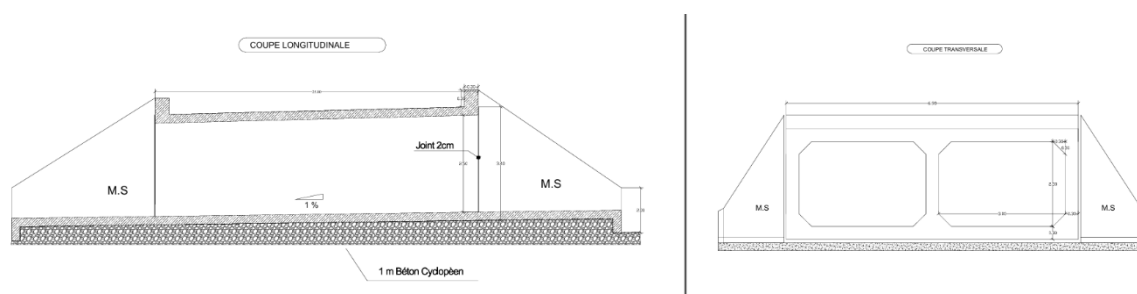


Figure 7.6 : coupe longitudinale et transversale de dalot N°1

- On PK 105+700

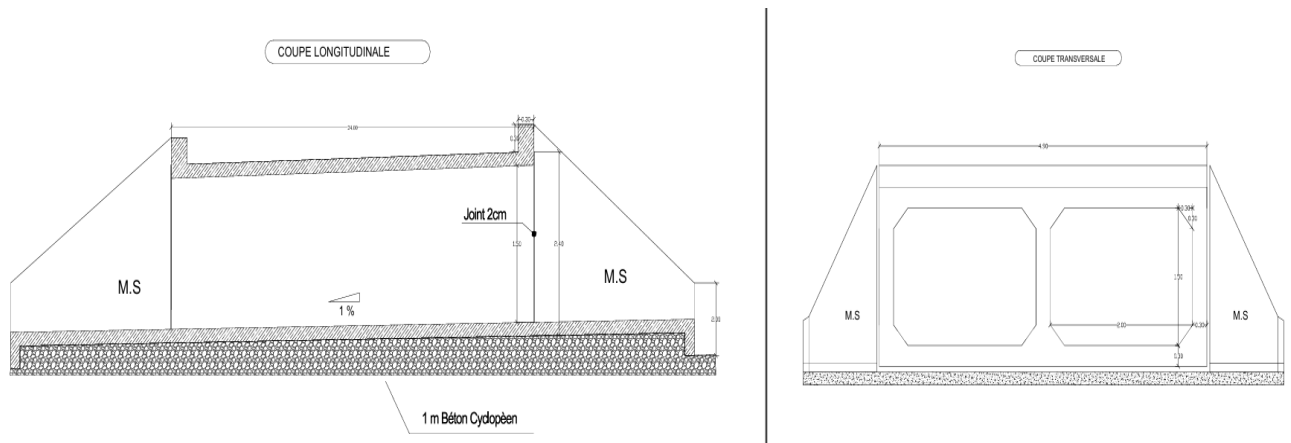


Figure 7.7 : coupe longitudinale et transversale de dalot N°2

- On PK 106+850

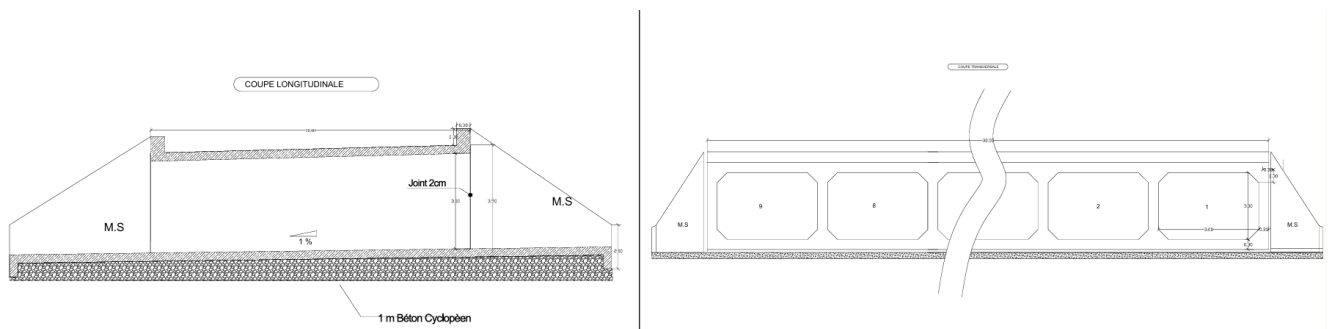


Figure 7.8: coupe longitudinale et transversale de dalot N°14

- On PK107+700, PK109+750,111+900

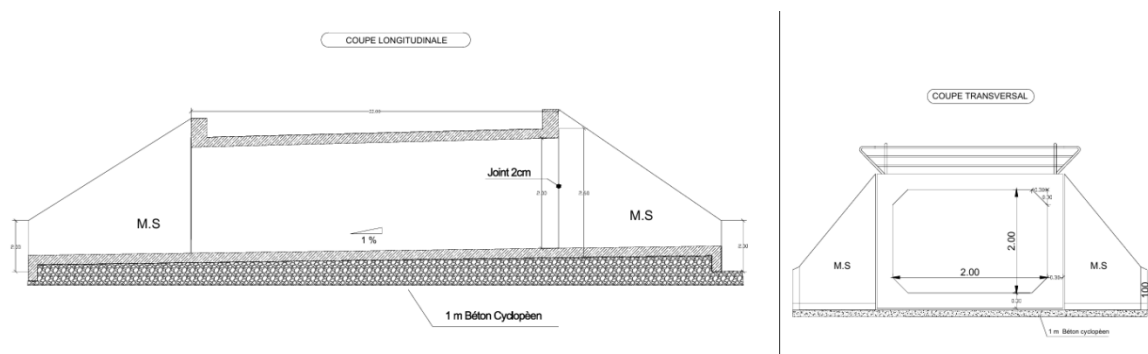


Figure 7.9: coupe longitudinale et transversale de dalot N°4 et 6 et 8

- On PK109+750

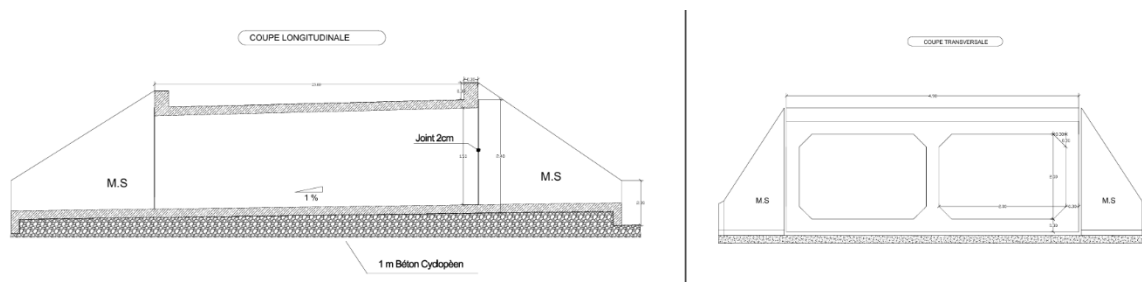


Figure 7.10: coupe longitudinale et transversale de dalot N°5

- On PK110+600

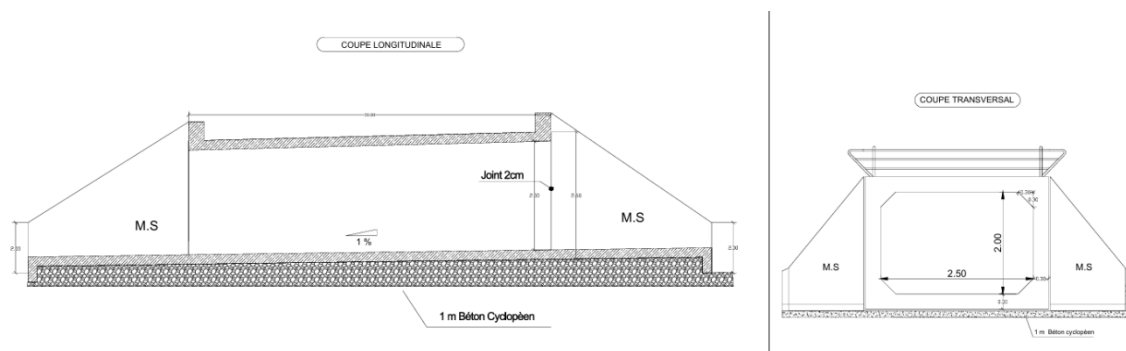


Figure 7.11: coupe longitudinale et transversale de dalot N°7



CHAPITRE VIII :
SIGNALISATION ET
ÉCLAIRAGE



Chapitre VIII

Signalisation et éclairage

8.1. Signalisation

8.1.1. Définition

La signalisation routière joue un rôle essentiel dans le maintien d'une circulation fluide et sécurisée. Elle doit respecter un ensemble de règles strictes, notamment éviter que les supports de panneaux n'empiètent sur les bandes de circulation, et veiller à ce que leur implantation se fasse à une distance suffisante des zones accessibles aux véhicules. Par ailleurs, les structures telles que les portiques doivent être protégées par des dispositifs de sécurité, comme des glissières de sécurité.

La signalisation regroupe l'ensemble des signaux implantés sur les routes. Elle a pour objectif principal d'assurer la sécurité des usagers en les informant des dangers potentiels, en rappelant les règles de circulation, et en leur fournissant des repères utiles pour leurs déplacements. Pour être efficace, la signalisation doit rester claire, cohérente et uniforme, afin de ne pas surcharger l'attention des conducteurs par une accumulation excessive d'informations. On distingue deux grands ensembles de signalisation :

- La signalisation horizontale ;
- La signalisation verticale.

8.1.2. Catégories de signalisation

- ❖ La signalisation par panneaux
- ❖ La signalisation par feux
- ❖ La signalisation par marquage des chaussées
- ❖ La signalisation par balisage
- ❖ La signalisation par bornage

8.1.3. Règle à respecter pour la signalisation





Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).

- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur

8.1.4. Objectifs de signalisation

La signalisation routière a pour objet :

-  Rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
-  Rappeler certaines prescriptions du code de la route.
-  Donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.
-  D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police

8.1.5. Les types de signalisation

On distingue deux grands ensembles de signalisation :


- La signalisation verticale ;
- La signalisation horizontale.




8.1.5.1. La signalisation verticale

La **signalisation verticale** est composée de panneaux installés sur le côté des routes pour informer et réguler le trafic. Elle se divise en plusieurs catégories :

- a- Signalisation avancée** : Panneaux placés avant un point clé (comme une intersection) pour avertir les conducteurs à l'avance (ex : Signal A24 à 150 m de l'intersection).
- b- Signalisation de position** : Panneaux placés sur des zones spécifiques où des actions doivent être prises, comme le **Signal B2 (arrêt obligatoire)**.
- c- Signalisation de direction** : Panneaux permettant aux usagers de suivre un itinéraire, généralement sous forme de flèches.

Les signaux de signalisation verticale sont également classés en quatre catégories :

-  **Signaux de danger** : Avertissent d'un danger imminent sur la route (ex : virage dangereux).

-  **Signaux d'interdiction** : Imposent des restrictions (ex : interdiction de tourner).
-  **Signaux d'obligation** : Exigent certaines actions (ex : obligation de s'arrêter).
-  **Signaux de fin d'interdiction** : Annoncent la levée d'une restriction (ex : fin de la zone de limitation de vitesse).

Cette signalisation permet de réguler la circulation et d'assurer la sécurité des usagers.

8.1.5.2. La signalisation horizontale

La signalisation horizontale fait référence à l'ensemble des marquages réalisés sur la chaussée pour guider les usagers de la route. Elle comprend divers éléments visuels tels que des lignes, des symboles, des flèches et des inscriptions. Ces marquages jouent un rôle important dans la sécurité routière et permettent de réglementer la circulation, de signaler des dangers et d'orienter les conducteurs.

La signalisation horizontale comprend plusieurs types de lignes, chacune ayant un objectif spécifique :

- ❖ **Lignes continues** : Elles interdisent aux conducteurs de les franchir, sauf indication spécifique (comme des flèches de rabattement). Ces lignes servent à séparer les voies ou à signaler des zones interdites.
- ❖ **Lignes discontinues** : Elles permettent aux conducteurs de franchir la ligne si nécessaire, facilitant la circulation. Elles varient par le rapport entre la longueur des traits et l'espace entre eux.
- ❖ **Lignes axiales** : Utilisées pour délimiter les voies, où la longueur des traits est égale à un tiers de l'intervalle.
- ❖ **Lignes de rive** : Délimitent les voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement, avec une longueur de trait approximativement égale à celle de l'intervalle.
- ❖ **Lignes d'avertissement** : Marquent les bandes d'arrêt d'urgence, avec une longueur de trait environ trois fois plus grande que l'intervalle.

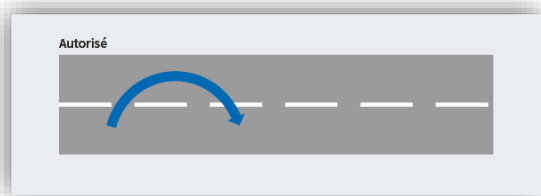


Figure 8.1 : Ligne discontinue

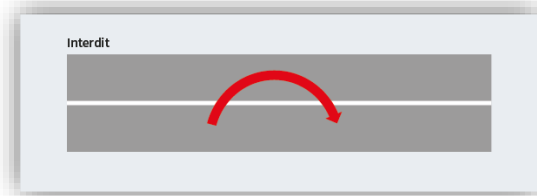


Figure 8.2 : Ligne continue

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 8.1 : Caractéristiques des lignes discontinues.

Type de Modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein/Vide
T1	3	10	$\approx 1/3$
T'1	1.5	5	
T2	3	3.5	≈ 1
T'2	0.5	0.5	
T3	3	1.33	≈ 3
T'3	20	6	

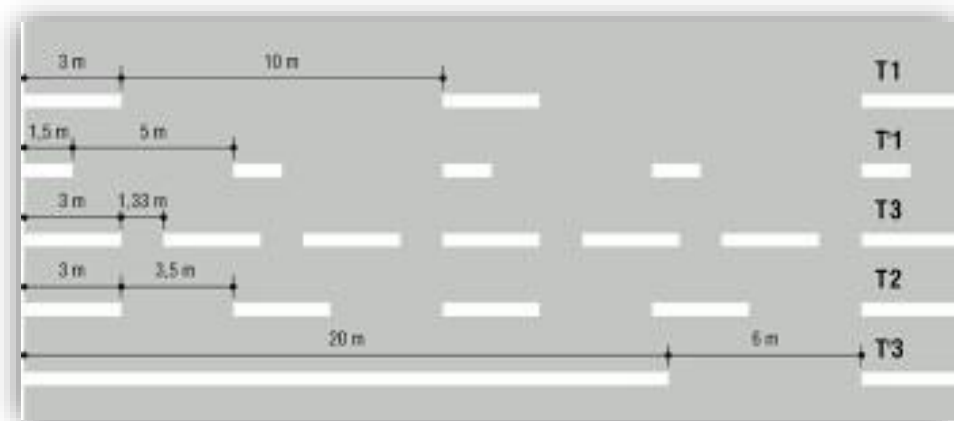



Figure 8.3 : Ligne « continue et discontinue»

8.1.5.3. Marquage transversal

- a. **Lignes transversales continues** : Ces lignes sont tracées généralement à la limite des zones où les conducteurs doivent marquer un arrêt, comme à un stop ou à un feu rouge. Elles signifient que les véhicules doivent s'arrêter complètement avant de continuer.
- b. **Lignes transversales discontinues** : Elles marquent les endroits où les conducteurs doivent céder le passage, par exemple, à une intersection où la priorité est donnée à d'autres usagers de la route.

Autre marquage

- a. **Flèche de rabattement** : Une flèche incurvée qui guide les conducteurs vers la voie qu'ils doivent emprunter. Elle est utilisée pour indiquer le changement de voie ou le rabattement sur une voie plus appropriée.
 - b. **Flèches de sélection** : Ce sont des flèches situées au centre d'une voie, généralement avant ou près d'une intersection, pour indiquer la direction à suivre pour les usagers de la route. Elles servent à aider à choisir la voie correcte en fonction de la direction à prendre.
-  Pour les marques transversales, la largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U = 7.5cm (sur autoroutes et voies rapides urbaines).

U = 6cm (sur les routes et voies urbaines).

U = 5cm (sur les autres routes).

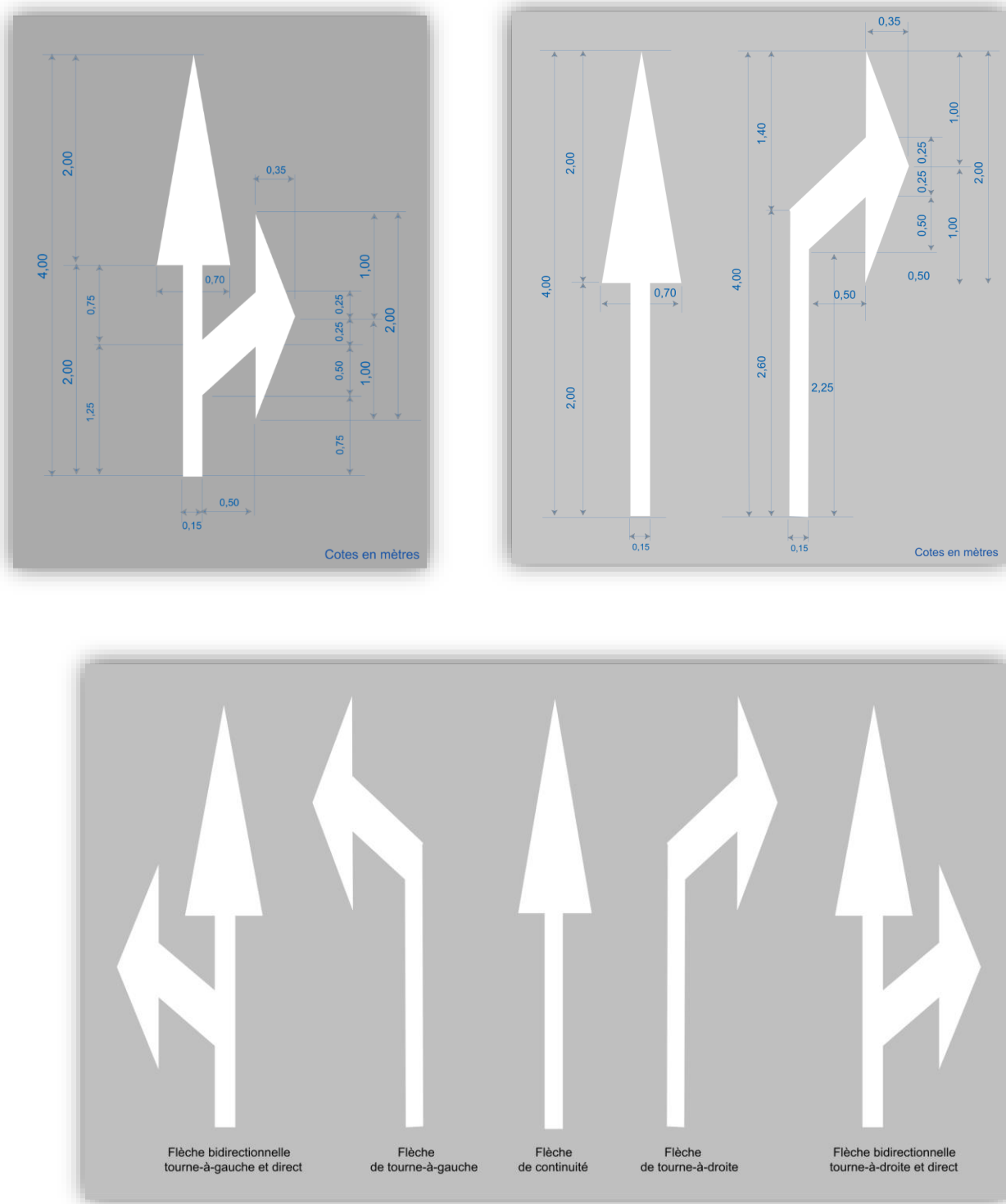


Figure 8.4 : Flèche de rabattement et flèche sélection.

8.1.6. Application au projet

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

➤ **Signalisation verticale :**

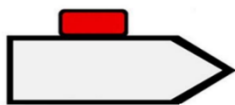
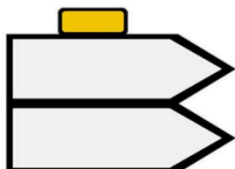
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B1 et B2).



- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C1, C11a).



- Panneaux de signalisation de direction (type E3a)



➤ **Signalisation horizontale :**



8.2. L'éclairage

8.2.1. Définition

L'éclairage public est censé garantir aux conducteurs de circuler la nuit en toute sécurité et confort, c'est-à-dire percevoir tous les obstacles possibles sans utiliser aux phares du véhicule ou aux feux de croisement ; ainsi que distinguer tous les Composants de la route (les bordures de trottoir, les intersections, etc.).

Il est crucial pour les piétons d'avoir une bonne perception des limites du trottoir, des véhicules et des obstacles, ainsi que de l'absence de zones ombragées.

8.2.2. Catégories d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ✓ catégorie A---- Eclairage général d'une route ou une autoroute.
- ✓ catégorie B----- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution),.
- ✓ catégorie C----- Eclairage des voies desserte,,

- ✓ catégorie D----- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé,.

8.2.3. Paramètre de l'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

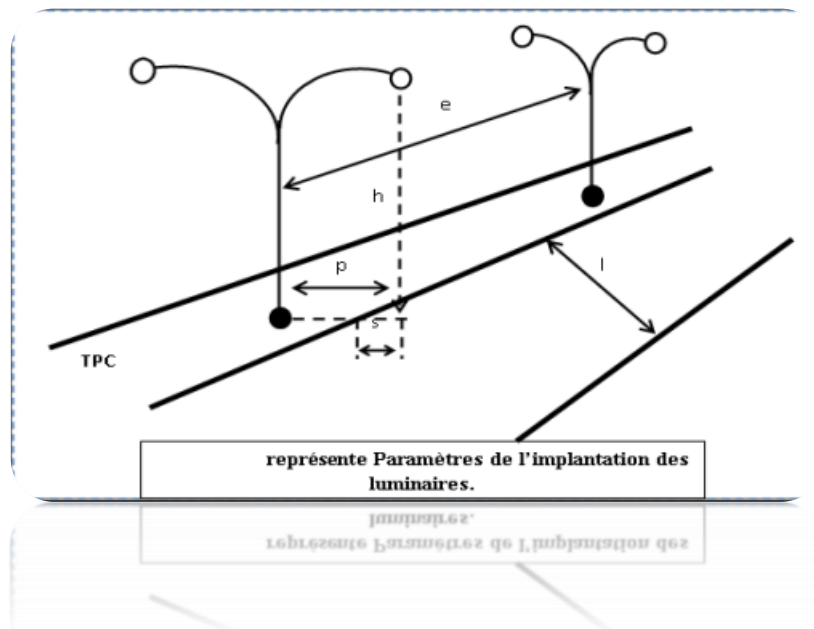


Figure 8.5 : éclairage composé et simple

8.2.4. Application au projet

Dans le cadre de notre projet, une attention particulière a été portée à la visibilité de la chaussée et de ses aménagements, en particulier :

La bordure du TPC (Terre-Plein Central) : L'éclairage doit être uniforme, sans zones d'ombre, et assurer un niveau de luminosité équilibré pour les deux sens de circulation de la pénétrante. Il doit également être conçu de manière à éviter tout risque d'éblouissement pour les

conducteurs, garantissant ainsi des conditions de conduite sûres et confortables, de jour comme de nuit.

Les équipements lumineux seront implantés à des intervalles réguliers, conformément aux normes en vigueur, afin de garantir une couverture optimale de toute la section étudiée (du PK 104+000 au PK 114+700).

8.3. Conclusion

La signalisation et l'éclairage routier jouent un rôle fondamental dans la sécurité et la fluidité de la circulation.

La signalisation, qu'elle soit horizontale ou verticale, a pour objectif d'informer, de guider et de réguler les usagers de manière claire, cohérente et conforme aux normes en vigueur.

L'éclairage, de son côté, garantit une visibilité optimale de la chaussée, en particulier la nuit, avec un niveau lumineux uniforme et équilibré dans les deux sens de circulation, tout en prévenant les risques d'éblouissement.

Une conception rigoureuse et une mise en œuvre adaptée de ces deux éléments contribuent directement à réduire les accidents et à améliorer le confort de conduite tout au long du tronçon étudié.



DEVIS ET

QUANTITATIF ET

ESTIMATIF



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET

POPULAIRE DEVIS QUANTITATIF ET

ESTIMATIF

**Projet : Aménagement en double voie d'un tronçon routier la RN46A
DOUCEN VERS BIR NAAM Avec DALOT**

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	P Unitaire	Montant
	Terrassements				
1	Travaux de décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 20 cm y/c préparation du fond de forme	M2	197666,06	100,00	19766606
2	Scarification de la chaussée existante y/c transport à la décharge publique	M2	75113,1028	250,00	18778275,7
3	Déblais en sol meuble y/c évacuation à la décharge publics des terres	M3	169511,3	350,00	59328955
4	Remblai en matériaux d'emprunts en matériaux Choisis	M3	27290,0	450,00	12280500
			SOUS TOTAL 01		110.154.336,7
	Corps de chaussée				
5	F/P d'une couche de forme en GN 0-80. Ep = 40 cm	M3	82766,3	600,00	49659780
6	F/P d'une couche de fondation en GNT. Ep = 35 cm	M3	50473,2	1 100,00	55520520
7	F/P Couche d'imprégnation au cut back 0/1(1Kg/m2)	M2	150226,2056	170,00	25538454,95
8	F/P d'une couche GB sur une épaisseur de 12 cm y compris couches d'accrochage entre couche	T	36010,04	6 500,00	234065260
9	F/P d'une couche de roulement en BB Ep = 6 cm y compris couche d'accrochage	T	20094,96	7 500,00	150712200
10	Rechargement d'accotement en TVC. Ep = 53 cm	M3	25465,2	1 500,00	38197800
			SOUS TOTAL 02		553.694.015
	D'assainissement et ouvrages d'art				
11	Fossé bétonnés dimensions 0,5 x 1,5 x 0,5	ML	19766	4 000,00	79064000.00
12	Lot ouvrages d'art : réalisation d'un DALOT en Béton Armé suivant les plans d'exécution (forfaitaire)	U	8	20 000 000,00	160 000 000,00
			SOUS TOTAL 03		239.064.000
	Signalisation verticale et horizontale				
13	F/P des signalisations verticale et horizontale selon plans d'exécution	F	1	9400 000,00	9400 000,00
			SOUS TOTAL 04		9.400 .000,00

Eclairage public et Equipement					
14	Remplissage en terre végétale pour TPC avec toute soujection de bonne exécution	M3	5956,8	400,00	2382720,00
15	F/P d'un canal PEHD diamètre de 60 mm d'arrosage le long de la route	ML	9883,303	600,00	5929981,8
16	Fourniture et pose d'un candélabre (acier galvanise thermolaqué traite contre la corrosion, hauteur de 7m) avec crosse double et toute sujétion de la bonne exécution.	U	45	36 000,00	1620000
17	Fourniture et pose d'un lampadaire LED LUMEN 7000lm (puissance supérieure au égale 60W) à énergie solaire avec panneau solaire (puissance 18V80 silicium monocristallin a haute efficacité) et capteur crépusculaire et de mouvement, batterie interne en lithium (12.8V 64AH batterie liFePO4 durée de vie 5ans) et toute sujétion de la bonne Exécution.	U	45	150 000,00	6750000
			SOUS TOTAL 05		16.682.701,8
			Total en HT		928.995.053,5
			TVA 19 %		176.509.060,2
			Total en TTC		1.105.504.114,00

Arrêté le présent devis à la somme arrondie en TTC de:

Un milliard cent cinq millions cinq cent quatre mille cent quatorze DA



CONCLUSION GÉNÉRALE



CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à Université Mohamed Khider Biskra.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et environnement. Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics et la maîtrise des nouvelles technologies ainsi que l'utilisation des logiciels de calcul et de Dessin notamment, COVADIS, AUTOPISTE, AUTOCAD et ALIZE LCPC.

Cette étude concerne un étude du dédoublement d'un tronçon routier de la RN46A a Wilaya de Ouled Djellal entre le PK 104 + 000 et le PK 114 + 700 ,soit un linéaire de 10.7KM situé entre Doucen et Bir Naam .

- Ces dernières sont comme suit:
 - ✓ Le sol support présente un CBR de 19.6
 - ✓ Le tronçon étudié est classé dans la catégorie C1 et l'environnement E2.
 - ✓ Une étude de trafic avec laquelle on a obtenu un TMJA de 12059 v/j année de comptage 2022
 - ✓ Pourcentage poids lourds 8%
 - ✓ Taux d'accroissement 5%
 - ✓ Un route dédoublement «2×2 » voies
- Ce qui nous a donné le profil en travers suivant :
 - ✓ Deux chaussées de 7.6m (2x3.8x2)
 - ✓ Un terre-plein central de (TPC) 2.00m.
 - ✓ Un accotement de 2.00 m .
 - ✓ La largeur de la plate-forme est égale à : 21.20m .
 - ✓ Structure de la chaussée qu'applique dans le projet :
6 (BB) + 12 (GB) +35 (GNT) +40 TVO



BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE

LES LOGICIEL ET OUTILS INFORMATIQUE

- ✓ Logiciel Covadis 17.0e
- ✓ Logiciel ALIZI III.
- ✓ Auto CAD 2020. Auto CAD 2013
- ✓ Microsoft Excel 2021.
- ✓ Et Microsoft Word 2021.
- ✓ Google Earth Pro

REGLEMENT

- ✓ B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.
- ✓ ARP : Aménagement de routes principales

DOCUMENTS DE LA DTP WILAYA OULADE DJALAL

- ✓ Rapport géotechnique étude du dédoublement de l'axe routier reliant la RN46A
- ✓ Etude de trafic étude de dédoublement de l'axe reliant la RN46A
- ✓ Levé topographique de dédoublement de l'axe reliant la RN46A sur 58.5km.

UTILISATION LES DOCUMENTS SUIVANTE

- ✓ Les cours des routes ; Dr. Remadna Mohamed Saddek).
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) : fascicule 1 et 2 et 3.
- ✓ Livre Cours de routes : conception des tracé routier – avant métré (KALLI Fatima-Zohra RAHAL).
- ✓ Les Signaux Routiers (SETRA).
- ✓ Routes TOME 1 et 2 : MICHEL FAURE
- ✓ Aides mémoire Routes.

SITE INTERNET

- ✓ <https://scholar.google.com/>



ANNEX



Axe En Paln

EltS Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Arc 1	Rayon	70.507 m	73,530	0,000	693278,492	3847656,604
	Centre X	693329.637 m				
	Centre Y	3847608.071 m				
Droite 1	Gisement	183.15gr	65,946	73,530	693261,948	3847588,338
Arc 2	Rayon	-447.017 m	98,887	139,475	693279,198	3847524,688
	Centre X	692845.760 m				
	Centre Y	3847415.344 m				
Droite 2	Gisement	200.88gr	154,655	238,362	693292,627	3847426,921
Droite 3	Gisement	201.35gr	170,557	393,018	693290,485	3847272,280
Droite 4	Gisement	201.42gr	400,009	563,574	693286,870	3847101,762
Droite 5	Gisement	201.36gr	3509,346	963,583	693277,977	3846701,852
Arc 3	Rayon	4101.920 m	424,174	4472,930	693203,232	3843193,302
	Centre X	697300.320 m				
	Centre Y	3842994.272 m				
Droite 6	Gisement	196.32gr	63,314	4897,104	693204,574	3842769,318
Arc 4	Rayon	3516.541 m	117,844	4960,418	693208,236	3842706,110
	Centre X	696723.517 m				
	Centre Y	3842800.265 m				
Droite 7	Gisement	196.91gr	1106,207	5078,262	693213,365	3842588,383
Droite 8	Gisement	196.94gr	1270,703	6184,470	693267,012	3841483,478
Droite 9	Gisement	196.99gr	713,292	7455,172	693327,996	3840214,239
Arc 5	Rayon	-1250.710 m	245,504	8168,465	693361,722	3839501,744
	Centre X	692114.209 m				
	Centre Y	3839412.393 m				
Droite 10	Gisement	206.93gr	710,028	8413,969	693355,192	3839256,721
Droite 11	Gisement	206.82gr	759,109	9123,997	693278,049	3838550,896
			9883,106	693196,870	3837796,141	
Longueur totale de l'axe 9883.106 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.63 %	238,960	0,000	235,535
Pente 2	Pente	-0.73 %	347,953	238,960	234,037
Parabole 1	Rayon	-13085.804 m	29,196	586,913	231,487
	Sommet Absc.	491.013 m			
	Sommet Alt.	231.838 m			
Pente 3	Pente	-0.96 %	155,699	616,110	231,240
Pente 4	Pente	-1.25 %	177,655	771,809	229,752
Parabole 2	Rayon	5913.901 m	81,503	949,464	227,535
	Sommet Absc.	1023.268 m			
	Sommet Alt.	227.074 m			
Pente 5	Pente	0.13 %	103,216	1030,967	227,079
Parabole 3	Rayon	-6281.917 m	51,633	1134,183	227,214
	Sommet Absc.	1142.362 m			
	Sommet Alt.	227.219 m			
Pente 6	Pente	-0.69 %	509,640	1185,817	227,069
Pente 7	Pente	-0.87 %	533,383	1695,457	223,543
Pente 8	Pente	-1.02 %	511,093	2228,840	218,908
Parabole 4	Rayon	59940.581 m	492,835	2739,933	213,675
	Sommet Absc.	3353.573 m			
	Sommet Alt.	210.534 m			
Pente 9	Pente	-0.20 %	13,724	3232,768	210,656
Parabole 5	Rayon	-392.566 m	0,699	3246,492	210,628
	Sommet Absc.	3245.701 m			
	Sommet Alt.	210.629 m			
Pente 10	Pente	-0.38 %	821,667	3247,191	210,626
Parabole 6	Rayon	21739.017 m	138,477	4068,859	207,507
	Sommet Absc.	4151.391 m			
	Sommet Alt.	207.350 m			
Pente 11	Pente	0.26 %	112,677	4207,336	207,422
Pente 12	Pente	-0.43 %	605,846	4320,013	207,712
Pente 13	Pente	-0.10 %	355,110	4925,859	205,095

Parabole 7	Rayon	-8000.670 m	53,660	5280,968	204,727
	Sommet Absc.	5272.673 m			
	Sommet Alt.	204.731 m			
Pente 14	Pente	-0.77 %	302,363	5334,629	204,491
Parabole 8	Rayon	7752.561 m	77,948	5636,991	202,150
	Sommet Absc.	5697.025 m			
	Sommet Alt.	201.917 m			
Pente 15	Pente	0.23 %	135,236	5714,939	201,938
Parabole 9	Rayon	-6452.112 m	29,825	5850,175	202,250
	Sommet Absc.	5865.084 m			
	Sommet Alt.	202.268 m			
Pente 16	Pente	-0.23 %	359,671	5880,001	202,250
Pente 17	Pente	0.24 %	229,526	6239,671	201,419
Parabole 10	Rayon	-8564.388 m	117,933	6469,197	201,978
	Sommet Absc.	6490.067 m			
	Sommet Alt.	202.003 m			
Pente 18	Pente	-1.13 %	357,178	6587,131	201,453
Parabole 11	Rayon	9973.485 m	172,529	6944,309	197,405
	Sommet Absc.	7057.342 m			
	Sommet Alt.	196.765 m			
Pente 19	Pente	0.60 %	41,025	7116,838	196,942
Parabole 12	Rayon	-2952.993 m	34,758	7157,862	197,187
	Sommet Absc.	7175.478 m			
	Sommet Alt.	197.240 m			
Pente 20	Pente	-0.58 %	200,405	7192,621	197,190
Parabole 13	Rayon	208923.789 m	191,122	7393,026	196,026
	Sommet Absc.	8605.850 m			
	Sommet Alt.	192.506 m			
Pente 21	Pente	-0.49 %	187,828	7584,147	195,004
Parabole 14	Rayon	-43654.236 m	153,831	7771,975	194,086
	Sommet Absc.	7558.493 m			
	Sommet Alt.	194.608 m			
Pente 22	Pente	-0.84 %	121,859	7925,806	193,063
Parabole 15	Rayon	4494.880 m	70,918	8047,666	192,037
	Sommet Absc.	8085.486 m			

	Sommet Alt.	191.878 m			
Pente 23	Pente	0.74 %	168,638	8118,584	192,000
Parabole 16	Rayon	-736.825 m	12,778	8287,222	193,242
	Sommet Absc.	8292.647 m			
	Sommet Alt.	193.262 m			
Pente 24	Pente	-1.00 %	154,373	8300,000	193,225
Parabole 17	Rayon	24251.509 m	265,510	8454,373	191,685
	Sommet Absc.	8696.378 m			
	Sommet Alt.	190.477 m			
Pente 25	Pente	0.10 %	70,499	8719,884	190,488
Pente 26	Pente	-0.14 %	607,958	8790,382	190,557
Parabole 18	Rayon	66484.045 m	26,380	9398,341	189,721
	Sommet Absc.	9489.748 m			
	Sommet Alt.	189.658 m			
Pente 27	Pente	-0.10 %	301,133	9424,721	189,690
Parabole 19	Rayon	4646.719 m	23,649	9725,854	189,395
	Sommet Absc.	9730.399 m			
	Sommet Alt.	189.393 m			
Pente 28	Pente	0.41 %	133,604	9749,502	189,432
				9883,106	189,982
Longueur totale de l'axe 9883.106 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 9883.303 mètre(s)					

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Accotement

Matériau	Volume cumulé
TOUT_VENANT	25465,2

Chaussée

Matériau	Volume cumulé
BB	8372,9
GB2	16368,2
GNT_0_315	50473,2
GNT_0_80	82766,3

T.P.C

Matériau	Volume cumulé
TERRE VEGETALE	5956,8

Volumes Cumulés	
Déblai	Remblai
169511.3	27290.0

Décapage $E_p=20$ cm : $20 \times 9883.303 = 197666.06 \text{ m}^2$

Scarification de la chaussée existante : $7.6 \times 9883.303 = 75113.1028 \text{ m}^2$

Déblai : 169511.3 m^3

Remblai : 27290.0 m^3

Couche de forme en TVO. $E_p = 40$ cm = 82766.3 m^3

Couche de fondation en GNT. $E_p = 35$ cm = 50473.2 m^3

Rechargement d'accotement en TVC. $E_p = 53$ cm = 25465.2 m^3

Couche GB sur une épaisseur de 12cm = $16368,2 \text{ m}^3 \times 2.20 = 36010.04 \text{ T}$

Couche de roulement en BB $E_p = 6$ cm = $8372.9 \text{ m}^3 \times 2.40 = 20094.96 \text{ T}$

Couche d'imprégnation au cut back 0/1Kg/m² = $2 \times 7.6 \times 9883.303 = 150226.2056 \text{ m}^2$

Remplissage en terre végétale pour TPC = 5956.8 m^3

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0,000	10,000	5,17	1,09	47,6	12,4	47,6	12,4
P02	20,000	20,000	8,14	0,13	152,2	2,8	199,8	15,2
P03	40,000	20,000	6,80	0,04	130,0	0,8	329,9	16,0
P04	60,000	20,000	9,80	0,04	185,9	0,8	515,7	16,8
P05	80,000	20,000	11,96	0,04	237,2	0,8	752,9	17,6
P06	100,000	20,000	7,91	0,04	158,2	0,8	911,1	18,4
P07	120,000	20,000	7,15	0,73	143,0	14,7	1054,1	33,1
P08	140,000	20,000	13,85	3,25	274,0	66,5	1328,1	99,6
P09	160,000	20,000	13,55	3,16	268,3	64,5	1596,4	164,1
P10	180,000	20,000	12,77	3,93	252,5	80,2	1848,9	244,2
P11	200,000	20,000	12,02	4,03	237,5	82,1	2086,5	326,4
P12	220,000	20,000	12,28	2,96	242,7	60,2	2329,2	386,6
P13	240,000	20,000	13,68	0,43	269,9	8,8	2599,1	395,4
P14	260,000	20,000	11,44	0,05	228,9	1,1	2828,0	396,5
P15	280,000	20,000	14,30	0,04	285,9	0,8	3113,9	397,3
P16	300,000	20,000	21,20	0,04	423,9	0,8	3537,9	398,1
P17	320,000	20,000	12,10	0,04	242,0	0,8	3779,8	398,9
P18	340,000	20,000	10,87	0,04	217,3	0,8	3997,2	399,6
P19	360,000	20,000	12,95	0,04	259,0	0,8	4256,1	400,4
P20	380,000	20,000	13,73	0,04	274,7	0,8	4530,8	401,2
P21	400,000	20,000	9,96	0,04	199,3	0,8	4730,1	402,0
P22	420,000	20,000	15,40	0,04	308,1	0,8	5038,2	402,8
P23	440,000	20,000	14,96	0,04	299,3	0,8	5337,5	403,6
P24	460,000	20,000	15,11	0,04	302,3	0,8	5639,8	404,4
P25	480,000	20,000	19,05	0,04	380,9	0,8	6020,7	405,2
P26	500,000	20,000	19,10	0,04	382,0	0,8	6402,7	405,9
P27	520,000	20,000	19,60	0,04	392,1	0,8	6794,8	406,7
P28	540,000	20,000	21,32	0,04	426,4	0,8	7221,2	407,5
P29	560,000	20,000	22,89	0,04	457,8	0,8	7679,1	408,3
P30	580,000	20,000	22,88	0,04	457,6	0,8	8136,6	409,1
P31	600,000	20,000	22,27	0,04	445,3	0,8	8582,0	409,9
P32	620,000	20,000	22,70	0,04	454,0	0,8	9036,0	410,7
P33	640,000	20,000	22,03	0,04	440,7	0,8	9476,7	411,5
P34	660,000	20,000	22,52	0,04	450,3	0,8	9927,0	412,3
P35	680,000	20,000	23,28	0,04	465,7	0,8	10392,7	413,1
P36	700,000	20,000	24,09	0,04	481,8	0,8	10874,5	413,9
P37	720,000	20,000	26,81	0,04	536,1	0,8	11410,7	414,7
P38	740,000	20,000	24,56	0,04	491,1	0,8	11901,8	415,5
P39	760,000	20,000	25,05	0,04	501,0	0,8	12402,8	416,3
P40	780,000	20,000	25,21	0,04	504,2	0,8	12907,0	417,1
P41	800,000	20,000	25,46	0,04	509,3	0,8	13416,3	417,9
P42	820,000	20,000	24,27	0,04	485,4	0,8	13901,7	418,8
P43	840,000	20,000	22,25	0,04	445,0	0,8	14346,7	419,5
P44	860,000	20,000	18,63	0,04	372,6	0,8	14719,3	420,3
P45	880,000	20,000	12,49	0,04	249,7	0,8	14969,1	421,1

P46	900,000	20,000	11,52	0,04	230,4	0,8	15199,5	421,9
P47	920,000	20,000	11,67	0,04	233,4	0,8	15432,9	422,7
P48	940,000	20,000	13,20	0,04	264,0	0,8	15696,9	423,5
P49	960,000	20,000	17,48	0,04	349,6	0,8	16046,6	424,3
P50	980,000	20,000	19,25	0,04	385,0	0,8	16431,6	425,1
P51	1000,000	20,000	19,80	0,04	396,0	0,8	16827,6	425,8
P52	1020,000	20,000	19,95	0,04	399,1	0,8	17226,7	426,6
P53	1040,000	20,000	18,56	0,04	371,3	0,8	17597,9	427,4
P54	1060,000	20,000	19,61	0,04	392,3	0,8	17990,2	428,2
P55	1080,000	20,000	19,88	0,04	397,6	0,8	18387,8	429,0
P56	1100,000	20,000	23,10	0,04	461,9	0,8	18849,7	429,7
P57	1120,000	20,000	22,46	0,04	449,2	0,8	19299,0	430,5
P58	1140,000	20,000	20,02	0,04	400,4	0,8	19699,4	431,3
P59	1160,000	20,000	12,99	0,15	259,8	3,0	19959,2	434,3
P60	1180,000	20,000	18,59	0,04	371,8	0,8	20331,0	435,1
P61	1200,000	20,000	16,24	0,14	324,8	2,8	20655,9	437,9
P62	1220,000	20,000	16,50	0,04	330,0	0,8	20985,9	438,7
P63	1240,000	20,000	13,37	1,05	267,3	21,1	21253,2	459,7
P64	1260,000	20,000	14,24	0,05	284,7	1,0	21538,0	460,7
P65	1280,000	20,000	13,09	0,07	261,8	1,4	21799,7	462,2
P66	1300,000	20,000	20,80	0,04	416,0	0,8	22215,7	462,9
P67	1320,000	20,000	18,33	0,04	366,6	0,8	22582,3	463,7
P68	1340,000	20,000	19,68	0,04	393,6	0,8	22975,9	464,5
P69	1360,000	20,000	20,87	0,04	417,3	0,8	23393,2	465,3
P70	1380,000	20,000	21,18	0,04	423,6	0,8	23816,8	466,1
P71	1400,000	20,000	20,38	0,04	407,6	0,8	24224,4	466,9
P72	1420,000	20,000	20,10	0,04	402,0	0,8	24626,4	467,6
P73	1440,000	20,000	20,45	0,04	409,1	0,8	25035,5	468,4
P74	1460,000	20,000	19,74	0,04	394,8	0,8	25430,4	469,2
P75	1480,000	20,000	19,08	0,04	381,7	0,8	25812,0	470,0
P76	1500,000	20,000	18,97	0,04	379,5	0,8	26191,5	470,8
P77	1520,000	20,000	22,65	0,04	453,0	0,8	26644,6	471,6
P78	1540,000	20,000	21,95	0,04	439,1	0,8	27083,6	472,3
P79	1560,000	20,000	20,41	0,04	408,3	0,8	27491,9	473,1
P80	1580,000	20,000	24,50	0,04	490,0	0,8	27981,9	473,9
P81	1600,000	20,000	23,47	0,04	469,5	0,8	28451,4	474,7
P82	1620,000	20,000	21,67	0,04	433,3	0,8	28884,7	475,5
P83	1640,000	20,000	20,90	0,04	417,9	0,8	29302,6	476,3
P84	1660,000	20,000	21,70	0,04	434,0	0,8	29736,6	477,1
P85	1680,000	20,000	20,98	0,04	419,6	0,8	30156,2	477,9
P86	1700,000	20,000	19,87	0,04	397,5	0,8	30553,7	478,7
P87	1720,000	20,000	19,12	0,04	382,5	0,8	30936,2	479,5
P88	1740,000	20,000	20,95	0,04	419,1	0,8	31355,2	480,3
P89	1760,000	20,000	16,41	0,04	328,2	0,8	31683,4	481,1
P90	1780,000	20,000	11,39	0,04	227,7	0,8	31911,1	481,9
P91	1800,000	20,000	12,66	0,04	253,1	0,8	32164,3	482,6
P92	1820,000	20,000	11,00	0,04	220,0	0,8	32384,2	483,4
P93	1840,000	20,000	10,26	0,04	205,2	0,8	32589,5	484,2
P94	1860,000	20,000	6,65	0,04	133,1	0,8	32722,5	485,0
P95	1880,000	20,000	7,59	0,04	151,8	0,8	32874,3	485,8
P96	1900,000	20,000	6,59	0,04	131,9	0,8	33006,2	486,6

P97	1920,000	20,000	4,67	0,05	93,4	1,0	33099,5	487,6
P98	1940,000	20,000	4,63	0,05	92,5	1,0	33192,0	488,6
P99	1960,000	20,000	3,56	0,08	71,2	1,5	33263,2	490,1
P100	1980,000	20,000	7,09	0,04	141,8	0,8	33405,0	490,8
P101	2000,000	20,000	5,97	0,04	119,4	0,8	33524,4	491,6
P102	2020,000	20,000	6,30	0,04	126,0	0,8	33650,4	492,4
P103	2040,000	20,000	9,39	0,04	187,7	0,8	33838,1	493,2
P104	2060,000	20,000	11,83	0,04	236,6	0,8	34074,7	494,0
P105	2080,000	20,000	15,79	0,04	315,8	0,8	34390,5	494,8
P106	2100,000	20,000	15,57	0,04	311,4	0,8	34701,9	495,6
P107	2120,000	20,000	17,73	0,04	354,7	0,8	35056,5	496,3
P108	2140,000	20,000	16,63	0,04	332,6	0,8	35389,1	497,1
P109	2160,000	20,000	17,28	0,04	345,7	0,8	35734,8	497,9
P110	2180,000	20,000	21,13	0,04	422,5	0,8	36157,3	498,7
P111	2200,000	20,000	19,80	0,04	396,0	0,8	36553,4	499,4
P112	2220,000	20,000	19,11	0,04	382,1	0,8	36935,5	500,2
P113	2240,000	20,000	18,11	0,04	362,3	0,8	37297,8	501,0
P114	2260,000	20,000	15,32	0,04	306,5	0,8	37604,2	501,8
P115	2280,000	20,000	11,05	0,04	220,9	0,8	37825,1	502,5
P116	2300,000	20,000	6,71	0,04	134,2	0,8	37959,3	503,3
P117	2320,000	20,000	6,95	0,04	139,1	0,8	38098,4	504,1
P118	2340,000	20,000	4,32	0,04	86,5	0,8	38184,9	504,9
P119	2360,000	20,000	3,45	0,35	69,1	7,0	38254,0	511,9
P120	2380,000	20,000	5,43	0,04	108,6	0,8	38362,5	512,7
P121	2400,000	20,000	7,53	0,04	150,6	0,8	38513,2	513,4
P122	2420,000	20,000	9,35	0,12	187,0	2,3	38700,1	515,8
P123	2440,000	20,000	8,34	0,04	166,7	0,8	38866,8	516,5
P124	2460,000	20,000	5,89	0,04	117,8	0,8	38984,6	517,3
P125	2480,000	20,000	8,05	0,04	161,1	0,8	39145,7	518,1
P126	2500,000	20,000	6,36	0,04	127,3	0,8	39273,0	518,8
P127	2520,000	20,000	7,93	0,04	158,7	0,8	39431,7	519,6
P128	2540,000	20,000	6,95	0,04	139,0	0,8	39570,7	520,4
P129	2560,000	20,000	10,62	0,04	212,5	0,8	39783,2	521,2
P130	2580,000	20,000	16,50	0,04	330,1	0,7	40113,2	521,9
P131	2600,000	20,000	14,34	0,04	286,8	0,8	40400,0	522,7
P132	2620,000	20,000	7,40	0,04	148,0	0,8	40548,0	523,5
P133	2640,000	20,000	15,28	0,03	305,5	0,7	40853,5	524,2
P134	2660,000	20,000	7,61	13,06	152,2	261,3	41005,8	785,5
P135	2680,000	20,000	18,25	0,04	364,9	0,7	41370,7	786,2
P136	2700,000	20,000	15,11	0,04	302,3	0,8	41673,0	787,0
P137	2720,000	20,000	5,73	0,04	114,6	0,8	41787,6	787,8
P138	2740,000	20,000	7,49	0,04	149,9	0,8	41937,4	788,5
P139	2760,000	20,000	7,98	0,04	159,6	0,8	42097,0	789,3
P140	2780,000	20,000	13,29	0,04	265,9	0,8	42362,9	790,1
P141	2800,000	20,000	14,86	0,04	297,2	0,8	42660,1	790,9
P142	2820,000	20,000	12,30	0,04	246,0	0,8	42906,0	791,7
P143	2840,000	20,000	9,28	0,04	185,7	0,8	43091,7	792,4
P144	2860,000	20,000	8,40	0,04	168,0	0,7	43259,7	793,2
P145	2880,000	20,000	5,22	0,06	104,4	1,1	43364,1	794,3
P146	2900,000	20,000	3,97	0,10	79,5	2,1	43443,6	796,4
P147	2920,000	20,000	6,18	0,04	123,6	0,8	43567,2	797,2

P148	2940,000	20,000	9,02	0,04	180,3	0,7	43747,5	797,9
P149	2960,000	20,000	9,38	0,04	187,5	0,8	43935,0	798,7
P150	2980,000	20,000	5,07	0,04	101,4	0,8	44036,4	799,5
P151	3000,000	20,000	3,76	0,04	75,3	0,8	44111,7	800,3
P152	3020,000	20,000	1,35	0,50	27,0	10,0	44138,7	810,3
P153	3040,000	20,000	2,12	0,04	42,5	0,8	44181,2	811,1
P154	3060,000	20,000	1,63	0,05	32,6	1,0	44213,8	812,1
P155	3080,000	20,000	3,80	0,04	76,1	0,7	44289,9	812,8
P156	3100,000	20,000	4,28	0,84	85,7	16,8	44375,5	829,7
P157	3120,000	20,000	2,85	0,39	57,0	7,8	44432,5	837,4
P158	3140,000	20,000	4,89	2,65	97,9	52,9	44530,3	890,3
P159	3160,000	20,000	3,16	5,97	63,2	119,4	44593,5	1009,8
P160	3180,000	20,000	12,46	4,78	249,2	95,6	44842,7	1105,4
P161	3200,000	20,000	14,21	7,09	284,3	141,8	45127,0	1247,1
P162	3220,000	20,000	16,30	3,80	326,0	76,0	45453,0	1323,1
P163	3240,000	20,000	0,59	28,49	11,9	569,9	45464,9	1893,0
P164	3260,000	20,000	12,34	18,77	246,8	375,5	45711,6	2268,5
P165	3280,000	20,000	10,46	3,77	209,1	75,4	45920,8	2343,9
P166	3300,000	20,000	6,82	7,31	136,5	146,1	46057,2	2490,0
P167	3320,000	20,000	2,28	10,34	45,6	206,7	46102,8	2696,8
P168	3340,000	20,000	4,13	13,45	82,6	268,9	46185,4	2965,7
P169	3360,000	20,000	3,71	26,87	74,2	537,4	46259,7	3503,1
P170	3380,000	20,000	3,56	19,94	71,3	398,9	46330,9	3902,0
P171	3400,000	20,000	1,62	18,51	32,4	370,2	46363,4	4272,2
P172	3420,000	20,000	3,42	7,33	68,3	146,5	46431,7	4418,7
P173	3440,000	20,000	2,76	3,50	55,2	70,1	46486,9	4488,8
P174	3460,000	20,000	2,50	2,84	50,0	56,8	46536,9	4545,6
P175	3480,000	20,000	2,13	1,00	42,5	20,0	46579,4	4565,6
P176	3500,000	20,000	2,37	2,49	47,3	49,7	46626,8	4615,3
P177	3520,000	20,000	2,79	2,02	55,8	40,5	46682,5	4655,8
P178	3540,000	20,000	3,24	1,90	64,9	37,9	46747,4	4693,7
P179	3560,000	20,000	5,13	0,05	102,6	0,9	46850,0	4694,7
P180	3580,000	20,000	4,27	0,05	85,5	1,0	46935,4	4695,6
P181	3600,000	20,000	4,08	2,95	81,6	59,0	47017,0	4754,6
P182	3620,000	20,000	8,61	0,04	172,1	0,8	47189,1	4755,4
P183	3640,000	20,000	5,96	0,05	119,3	0,9	47308,4	4756,3
P184	3660,000	20,000	4,50	0,07	90,0	1,4	47398,3	4757,7
P185	3680,000	20,000	9,50	0,05	190,0	1,0	47588,4	4758,7
P186	3700,000	20,000	8,79	0,04	175,8	0,8	47764,2	4759,4
P187	3720,000	20,000	13,56	0,04	271,3	0,8	48035,4	4760,2
P188	3740,000	20,000	11,28	0,04	225,5	0,8	48261,0	4761,0
P189	3760,000	20,000	11,47	0,04	229,4	0,7	48490,4	4761,7
P190	3780,000	20,000	23,12	0,04	462,4	0,8	48952,8	4762,5
P191	3800,000	20,000	26,04	0,04	520,7	0,8	49473,5	4763,3
P192	3820,000	20,000	27,81	0,04	556,2	0,8	50029,7	4764,1
P193	3840,000	20,000	28,64	0,04	572,9	0,8	50602,6	4764,8
P194	3860,000	20,000	29,94	0,04	598,7	0,8	51201,3	4765,6
P195	3880,000	20,000	24,12	0,04	482,4	0,8	51683,7	4766,4
P196	3900,000	20,000	25,05	0,04	500,9	0,8	52184,6	4767,1
P197	3920,000	20,000	23,61	0,04	472,2	0,8	52656,8	4767,9
P198	3940,000	20,000	24,75	0,04	495,1	0,8	53151,9	4768,7

P199	3960,000	20,000	23,66	0,04	473,1	0,8	53625,0	4769,5
P200	3980,000	20,000	24,58	0,04	491,6	0,8	54116,6	4770,3
P201	4000,000	20,000	24,29	0,04	485,7	0,8	54602,3	4771,1
P202	4020,000	20,000	21,74	0,04	434,7	0,8	55037,1	4771,9
P203	4040,000	20,000	19,30	0,04	385,9	0,8	55423,0	4772,7
P204	4060,000	20,000	20,98	0,04	419,6	0,8	55842,6	4773,5
P205	4080,000	20,000	21,07	0,04	421,3	0,8	56263,9	4774,3
P206	4100,000	20,000	17,18	0,04	343,5	0,8	56607,5	4775,1
P207	4120,000	20,000	10,94	0,04	218,8	0,8	56826,3	4775,9
P208	4140,000	20,000	11,84	0,04	236,8	0,8	57063,1	4776,7
P209	4160,000	20,000	25,09	0,04	501,9	0,8	57565,0	4777,5
P210	4180,000	20,000	29,13	0,04	582,6	0,8	58147,6	4778,3
P211	4200,000	20,000	29,82	0,04	596,4	0,8	58743,9	4779,1
P212	4220,000	20,000	28,38	0,04	567,5	0,8	59311,5	4779,9
P213	4240,000	20,000	25,12	0,04	502,3	0,8	59813,8	4780,7
P214	4260,000	20,000	22,99	0,04	459,7	0,8	60273,5	4781,4
P215	4280,000	20,000	24,02	0,04	480,3	0,8	60753,9	4782,2
P216	4300,000	20,000	21,94	0,04	438,8	0,8	61192,7	4783,0
P217	4320,000	20,000	18,98	0,04	379,6	0,8	61572,3	4783,8
P218	4340,000	20,000	18,44	0,04	368,7	0,8	61941,0	4784,5
P219	4360,000	20,000	22,08	0,04	441,6	0,8	62382,6	4785,3
P220	4380,000	20,000	21,64	0,04	432,9	0,8	62815,5	4786,1
P221	4400,000	20,000	23,19	0,04	463,8	0,8	63279,3	4786,9
P222	4420,000	20,000	26,00	0,04	520,0	0,8	63799,3	4787,7
P223	4440,000	20,000	24,21	0,04	484,3	0,8	64283,6	4788,5
P224	4460,000	20,000	24,18	0,04	483,7	0,8	64767,2	4789,2
P225	4480,000	20,000	25,44	0,04	507,9	0,8	65275,2	4790,0
P226	4500,000	20,000	23,15	0,04	463,2	0,8	65738,4	4790,8
P227	4520,000	20,000	24,62	0,04	492,6	0,8	66231,0	4791,6
P228	4540,000	20,000	22,38	0,04	447,8	0,8	66678,9	4792,3
P229	4560,000	20,000	25,06	0,04	501,3	0,8	67180,2	4793,1
P230	4580,000	20,000	23,54	0,04	471,1	0,8	67651,2	4793,9
P231	4600,000	20,000	25,93	0,04	518,7	0,8	68169,9	4794,7
P232	4620,000	20,000	26,64	0,04	532,9	0,8	68702,8	4795,5
P233	4640,000	20,000	27,69	0,04	554,0	0,8	69256,8	4796,3
P234	4660,000	20,000	25,13	0,04	502,8	0,8	69759,6	4797,0
P235	4680,000	20,000	25,73	0,04	514,9	0,8	70274,5	4797,8
P236	4700,000	20,000	27,15	0,04	543,2	0,8	70817,6	4798,6
P237	4720,000	20,000	29,95	0,04	599,2	0,8	71416,8	4799,4
P238	4740,000	20,000	27,85	0,04	557,2	0,8	71974,0	4800,2
P239	4760,000	20,000	27,71	0,04	554,4	0,8	72528,4	4801,0
P240	4780,000	20,000	27,96	0,04	559,3	0,8	73087,7	4801,7
P241	4800,000	20,000	28,41	0,04	568,3	0,8	73655,9	4802,5
P242	4820,000	20,000	23,83	1110,59	476,9	22040,0	74132,8	26842,6
P243	4840,000	20,000	26,42	0,04	528,6	0,8	74661,4	26843,3
P244	4860,000	20,000	27,60	0,04	552,2	0,8	75213,6	26844,1
P245	4880,000	20,000	25,88	0,04	517,7	0,8	75731,3	26844,9
P246	4900,000	20,000	21,98	0,04	439,9	0,8	76171,2	26845,7
P247	4920,000	20,000	21,83	0,04	436,7	0,8	76607,9	26846,5
P248	4940,000	20,000	20,29	0,04	405,7	0,8	77013,6	26847,2
P249	4960,000	20,000	19,48	0,04	388,7	0,8	77402,3	26848,0

P250	4980,000	20,000	22,49	0,04	450,0	0,8	77852,4	26848,8
P251	5000,000	20,000	27,13	0,04	542,9	0,8	78395,2	26849,6
P252	5020,000	20,000	21,68	0,04	433,9	0,8	78829,2	26850,3
P253	5040,000	20,000	21,88	0,04	438,0	0,7	79267,1	26851,1
P254	5060,000	20,000	24,57	0,04	491,6	0,7	79758,7	26851,8
P255	5080,000	20,000	22,33	0,04	446,4	0,7	80205,1	26852,6
P256	5100,000	20,000	21,50	0,04	430,0	0,8	80635,1	26853,3
P257	5120,000	20,000	21,20	0,04	423,9	0,8	81059,1	26854,1
P258	5140,000	20,000	19,38	0,04	387,7	0,8	81446,7	26854,9
P259	5160,000	20,000	20,04	0,04	400,8	0,8	81847,5	26855,6
P260	5180,000	20,000	20,06	0,04	401,2	0,8	82248,8	26856,4
P261	5200,000	20,000	20,58	0,04	411,5	0,8	82660,3	26857,2
P262	5220,000	20,000	20,71	0,04	414,2	0,8	83074,5	26858,0
P263	5240,000	20,000	17,89	0,04	357,8	0,8	83432,3	26858,7
P264	5260,000	20,000	18,75	0,04	375,0	0,8	83807,3	26859,5
P265	5280,000	20,000	21,12	0,04	422,3	0,8	84229,6	26860,3
P266	5300,000	20,000	20,23	0,04	404,6	0,8	84634,2	26861,1
P267	5320,000	20,000	19,69	0,04	393,8	0,8	85028,0	26861,9
P268	5340,000	20,000	10,14	0,04	202,8	0,7	85230,8	26862,6
P269	5360,000	20,000	13,76	0,04	275,2	0,7	85506,0	26863,3
P270	5380,000	20,000	12,96	0,04	259,3	0,8	85765,3	26864,1
P271	5400,000	20,000	2,95	0,04	59,1	0,7	85824,4	26864,8
P272	5420,000	20,000	4,47	0,04	89,4	0,8	85913,8	26865,6
P273	5440,000	20,000	7,56	0,04	151,2	0,8	86065,0	26866,3
P274	5460,000	20,000	5,04	0,05	100,7	1,0	86165,8	26867,3
P275	5480,000	20,000	8,53	0,05	170,6	0,9	86336,4	26868,2
P276	5500,000	20,000	12,82	0,04	256,3	0,8	86592,7	26869,0
P277	5520,000	20,000	15,49	0,04	309,8	0,8	86902,6	26869,8
P278	5540,000	20,000	18,92	0,04	378,3	0,8	87280,9	26870,6
P279	5560,000	20,000	19,32	0,04	386,3	0,8	87667,2	26871,4
P280	5580,000	20,000	19,81	0,04	396,2	0,8	88063,4	26872,1
P281	5600,000	20,000	20,72	0,04	414,3	0,8	88477,7	26872,9
P282	5620,000	20,000	24,72	0,04	494,4	0,8	88972,1	26873,7
P283	5640,000	20,000	23,81	0,04	476,1	0,8	89448,3	26874,5
P284	5660,000	20,000	23,19	0,04	463,8	0,8	89912,0	26875,2
P285	5680,000	20,000	20,12	0,04	402,4	0,8	90314,4	26876,0
P286	5700,000	20,000	22,32	0,04	446,4	0,8	90760,8	26876,8
P287	5720,000	20,000	22,39	0,04	447,7	0,8	91208,6	26877,6
P288	5740,000	20,000	24,07	0,04	481,3	0,8	91689,9	26878,4
P289	5760,000	20,000	23,51	0,04	470,1	0,8	92160,0	26879,2
P290	5780,000	20,000	21,50	0,04	429,9	0,8	92589,9	26880,0
P291	5800,000	20,000	19,65	0,04	392,9	0,8	92982,9	26880,8
P292	5820,000	20,000	18,81	0,04	376,2	0,8	93359,1	26881,6
P293	5840,000	20,000	23,61	0,04	472,2	0,8	93831,3	26882,4
P294	5860,000	20,000	22,01	0,04	440,3	0,8	94271,5	26883,2
P295	5880,000	20,000	18,71	0,04	374,3	0,8	94645,8	26883,9
P296	5900,000	20,000	18,94	0,04	378,9	0,8	95024,7	26884,7
P297	5920,000	20,000	18,57	0,04	371,4	0,8	95396,0	26885,5
P298	5940,000	20,000	12,98	0,04	259,7	0,8	95655,7	26886,3
P299	5960,000	20,000	10,33	0,04	206,7	0,8	95862,4	26887,0
P300	5980,000	20,000	8,01	0,04	160,3	0,8	96022,7	26887,8

P301	6000,000	20,000	6,23	0,04	124,7	0,7	96147,3	26888,5
P302	6020,000	20,000	0,94	3,32	18,9	66,5	96166,2	26955,0
P303	6040,000	20,000	6,12	0,05	122,4	1,0	96288,6	26955,9
P304	6060,000	20,000	5,17	0,05	103,5	1,0	96392,1	26956,9
P305	6080,000	20,000	5,40	0,33	108,1	6,6	96500,2	26963,5
P306	6100,000	20,000	7,27	0,56	145,3	11,2	96645,5	26974,7
P307	6120,000	20,000	9,95	0,10	198,9	2,0	96844,4	26976,7
P308	6140,000	20,000	14,57	0,04	291,4	0,8	97135,8	26977,4
P309	6160,000	20,000	14,97	0,04	299,5	0,7	97435,2	26978,2
P310	6180,000	20,000	13,20	0,04	263,9	0,8	97699,2	26979,0
P311	6200,000	20,000	12,58	0,67	251,6	13,3	97950,8	26992,3
P312	6220,000	20,000	11,47	0,04	229,5	0,8	98180,3	26993,0
P313	6240,000	20,000	11,26	0,05	225,2	1,0	98405,5	26994,0
P314	6260,000	20,000	19,60	0,04	392,1	0,7	98797,6	26994,7
P315	6280,000	20,000	14,75	1,01	295,0	20,2	99092,6	27014,9
P316	6300,000	20,000	14,85	0,04	297,1	0,8	99389,7	27015,7
P317	6320,000	20,000	13,16	0,04	263,1	0,8	99652,8	27016,5
P318	6340,000	20,000	13,43	0,04	268,6	0,8	99921,4	27017,3
P319	6360,000	20,000	16,50	0,04	330,0	0,8	100251,4	27018,0
P320	6380,000	20,000	22,26	0,04	445,1	0,8	100696,5	27018,8
P321	6400,000	20,000	26,88	0,02	537,6	0,4	101234,2	27019,2
P322	6420,000	20,000	25,80	0,04	515,9	0,8	101750,1	27020,0
P323	6440,000	20,000	25,70	0,04	513,9	0,8	102264,0	27020,8
P324	6460,000	20,000	26,94	0,04	538,7	0,8	102802,7	27021,6
P325	6480,000	20,000	29,05	0,04	581,0	0,8	103383,8	27022,4
P326	6500,000	20,000	31,83	0,04	636,6	0,8	104020,4	27023,2
P327	6520,000	20,000	30,49	0,04	609,8	0,8	104630,2	27024,0
P328	6540,000	20,000	29,58	0,04	591,6	0,8	105221,8	27024,8
P329	6560,000	20,000	32,77	0,04	655,5	0,8	105877,3	27025,6
P330	6580,000	20,000	30,51	0,04	610,1	0,8	106487,4	27026,4
P331	6600,000	20,000	31,58	0,04	631,7	0,8	107119,1	27027,1
P332	6620,000	20,000	30,51	0,04	610,2	0,8	107729,3	27027,9
P333	6640,000	20,000	28,66	0,04	573,3	0,8	108302,6	27028,7
P334	6660,000	20,000	24,85	0,04	496,9	0,8	108799,5	27029,5
P335	6680,000	20,000	23,38	0,04	467,6	0,8	109267,1	27030,3
P336	6700,000	20,000	19,89	0,04	397,9	0,8	109665,0	27031,1
P337	6720,000	20,000	22,57	0,04	451,4	0,8	110116,3	27031,8
P338	6740,000	20,000	19,94	0,04	398,7	0,8	110515,1	27032,6
P339	6760,000	20,000	18,96	0,04	379,2	0,8	110894,3	27033,4
P340	6780,000	20,000	23,82	0,04	476,4	0,8	111370,7	27034,1
P341	6800,000	20,000	22,07	0,04	441,5	0,8	111812,1	27034,9
P342	6820,000	20,000	23,51	0,04	470,3	0,8	112282,4	27035,7
P343	6840,000	20,000	26,63	0,04	532,7	0,8	112815,1	27036,5
P344	6860,000	20,000	26,42	0,04	528,5	0,8	113343,6	27037,2
P345	6880,000	20,000	29,07	0,04	581,5	0,8	113925,1	27038,0
P346	6900,000	20,000	29,46	0,04	589,1	0,8	114514,2	27038,8
P347	6920,000	20,000	27,72	0,04	554,4	0,8	115068,7	27039,6
P348	6940,000	20,000	28,02	0,04	560,4	0,8	115629,0	27040,4
P349	6960,000	20,000	27,64	0,04	552,7	0,8	116181,7	27041,2
P350	6980,000	20,000	21,68	0,04	433,5	0,8	116615,3	27042,0
P351	7000,000	20,000	11,72	0,04	234,4	0,8	116849,6	27042,8

P352	7020,000	20,000	7,75	0,04	155,1	0,8	117004,7	27043,6
P353	7040,000	20,000	9,20	0,04	184,1	0,8	117188,8	27044,4
P354	7060,000	20,000	13,38	0,04	267,7	0,8	117456,4	27045,2
P355	7080,000	20,000	18,50	0,04	370,0	0,8	117826,4	27046,0
P356	7100,000	20,000	25,43	0,04	508,5	0,8	118334,9	27046,8
P357	7120,000	20,000	28,86	0,04	577,2	0,8	118912,1	27047,6
P358	7140,000	20,000	25,99	0,04	519,8	0,8	119431,9	27048,4
P359	7160,000	20,000	24,09	0,04	481,8	0,8	119913,7	27049,2
P360	7180,000	20,000	20,37	0,04	407,5	0,8	120321,2	27050,0
P361	7200,000	20,000	19,55	0,04	390,9	0,8	120712,1	27050,8
P362	7220,000	20,000	17,24	0,04	344,8	0,8	121056,9	27051,6
P363	7240,000	20,000	19,56	0,04	391,2	0,8	121448,1	27052,4
P364	7260,000	20,000	10,99	0,04	219,8	0,8	121667,9	27053,2
P365	7280,000	20,000	16,15	0,04	322,9	0,8	121990,8	27053,9
P366	7300,000	20,000	10,15	0,04	203,0	0,8	122193,9	27054,7
P367	7320,000	20,000	16,41	0,04	328,3	0,8	122522,1	27055,5
P368	7340,000	20,000	11,76	0,04	235,2	0,8	122757,3	27056,3
P369	7360,000	20,000	7,41	0,04	148,2	0,8	122905,5	27057,1
P370	7380,000	20,000	11,50	0,04	230,0	0,8	123135,5	27057,9
P371	7400,000	20,000	11,38	0,04	227,7	0,8	123363,1	27058,6
P372	7420,000	20,000	14,64	0,04	292,8	0,8	123656,0	27059,4
P373	7440,000	20,000	16,03	0,04	320,6	0,8	123976,5	27060,2
P374	7460,000	20,000	13,34	0,04	266,8	0,8	124243,3	27061,0
P375	7480,000	20,000	15,98	0,04	319,6	0,8	124562,8	27061,7
P376	7500,000	20,000	19,37	0,04	387,4	0,8	124950,2	27062,5
P377	7520,000	20,000	20,64	0,04	412,7	0,8	125362,9	27063,3
P378	7540,000	20,000	18,30	0,04	366,0	0,8	125728,9	27064,1
P379	7560,000	20,000	21,08	0,04	421,6	0,8	126150,5	27064,9
P380	7580,000	20,000	22,99	0,04	459,9	0,8	126610,3	27065,6
P381	7600,000	20,000	23,51	0,04	470,2	0,8	127080,5	27066,4
P382	7620,000	20,000	24,40	0,04	487,9	0,8	127568,4	27067,2
P383	7640,000	20,000	24,34	0,04	486,9	0,8	128055,3	27068,0
P384	7660,000	20,000	24,19	0,04	483,9	0,8	128539,2	27068,7
P385	7680,000	20,000	20,95	0,04	419,1	0,8	128958,2	27069,5
P386	7700,000	20,000	10,69	0,04	213,8	0,8	129172,0	27070,3
P387	7720,000	20,000	9,17	0,05	183,4	1,0	129355,4	27071,3
P388	7740,000	20,000	15,79	0,04	315,8	0,8	129671,2	27072,0
P389	7760,000	20,000	14,82	0,15	296,5	3,1	129967,7	27075,1
P390	7780,000	20,000	15,44	0,04	308,8	0,8	130276,5	27076,0
P391	7800,000	20,000	14,22	0,04	284,5	0,8	130561,0	27076,7
P392	7820,000	20,000	16,65	0,04	332,9	0,8	130893,9	27077,5
P393	7840,000	20,000	17,02	0,04	340,4	0,9	131234,3	27078,4
P394	7860,000	20,000	11,79	0,04	235,8	0,8	131470,1	27079,1
P395	7880,000	20,000	17,07	0,04	341,4	0,8	131811,5	27079,9
P396	7900,000	20,000	11,92	0,04	238,4	0,8	132049,9	27080,7
P397	7920,000	20,000	8,90	0,04	178,0	0,8	132227,9	27081,4
P398	7940,000	20,000	9,80	0,04	196,0	0,8	132423,9	27082,2
P399	7960,000	20,000	8,98	0,04	179,7	0,8	132603,6	27083,0
P400	7980,000	20,000	10,58	0,04	211,6	0,8	132815,2	27083,8
P401	8000,000	20,000	13,18	0,04	263,6	0,7	133078,8	27084,5
P402	8020,000	20,000	9,76	0,04	195,2	0,8	133273,9	27085,3

P403	8040,000	20,000	16,08	0,04	321,5	0,8	133595,5	27086,1
P404	8060,000	20,000	20,66	0,04	413,1	0,8	134008,6	27086,9
P405	8080,000	20,000	19,48	0,04	389,7	0,8	134398,3	27087,7
P406	8100,000	20,000	21,18	0,04	423,6	0,8	134821,9	27088,5
P407	8120,000	20,000	14,60	0,04	292,0	0,8	135113,9	27089,3
P408	8140,000	20,000	6,79	0,04	135,8	0,8	135249,6	27090,0
P409	8160,000	20,000	8,56	0,04	170,8	0,8	135420,4	27090,8
P410	8180,000	20,000	8,41	0,17	167,5	3,3	135587,9	27094,1
P411	8200,000	20,000	12,40	0,67	247,0	13,5	135834,8	27107,7
P412	8220,000	20,000	17,73	0,04	354,0	0,8	136188,8	27108,4
P413	8240,000	20,000	23,46	0,04	468,9	0,8	136657,7	27109,2
P414	8260,000	20,000	26,91	0,04	538,3	0,8	137196,0	27110,0
P415	8280,000	20,000	38,49	0,04	771,5	0,8	137967,5	27110,8
P416	8300,000	20,000	45,98	0,04	922,8	0,8	138890,3	27111,6
P417	8320,000	20,000	49,34	0,04	990,2	0,9	139880,6	27112,5
P418	8340,000	20,000	46,30	0,04	928,7	0,8	140809,2	27113,3
P419	8360,000	20,000	30,71	0,04	614,6	0,8	141423,9	27114,1
P420	8380,000	20,000	26,65	0,04	532,8	0,8	141956,7	27114,9
P421	8400,000	20,000	19,67	0,04	392,3	0,7	142349,0	27115,6
P422	8420,000	20,000	17,91	0,04	358,8	0,8	142707,8	27116,4
P423	8440,000	20,000	15,53	0,42	310,5	8,4	143018,4	27124,7
P424	8460,000	20,000	15,05	0,04	300,9	0,8	143319,3	27125,5
P425	8480,000	20,000	20,56	0,03	411,2	0,7	143730,5	27126,2
P426	8500,000	20,000	17,87	0,04	357,3	0,7	144087,9	27126,9
P427	8520,000	20,000	9,46	0,04	189,1	0,8	144277,0	27127,7
P428	8540,000	20,000	18,73	0,04	374,6	0,8	144651,6	27128,5
P429	8560,000	20,000	9,27	0,04	185,3	0,8	144836,9	27129,3
P430	8580,000	20,000	8,56	0,04	171,1	0,8	145008,0	27130,0
P431	8600,000	20,000	5,77	0,04	115,4	0,8	145123,4	27130,8
P432	8620,000	20,000	6,06	0,04	121,3	0,8	145244,7	27131,6
P433	8640,000	20,000	10,10	0,04	202,1	0,8	145446,8	27132,4
P434	8660,000	20,000	13,84	0,04	276,7	0,8	145723,5	27133,2
P435	8680,000	20,000	19,56	0,04	391,2	0,8	146114,7	27134,0
P436	8700,000	20,000	19,65	0,04	393,1	0,8	146507,8	27134,8
P437	8720,000	20,000	20,87	0,04	417,4	0,8	146925,2	27135,5
P438	8740,000	20,000	16,91	0,04	338,2	0,8	147263,4	27136,3
P439	8760,000	20,000	17,86	0,04	357,3	0,8	147620,7	27137,1
P440	8780,000	20,000	16,97	0,04	339,5	0,8	147960,1	27137,9
P441	8800,000	20,000	19,84	0,04	396,8	0,8	148357,0	27138,7
P442	8820,000	20,000	18,00	0,04	360,1	0,8	148717,1	27139,4
P443	8840,000	20,000	19,18	0,04	383,5	0,8	149100,6	27140,2
P444	8860,000	20,000	15,39	0,04	307,9	0,8	149408,5	27141,0
P445	8880,000	20,000	12,57	0,04	251,4	0,8	149659,9	27141,8
P446	8900,000	20,000	18,70	0,04	374,1	0,8	150034,0	27142,6
P447	8920,000	20,000	19,04	0,04	380,8	0,8	150414,9	27143,4
P448	8940,000	20,000	21,92	0,04	438,4	0,8	150853,3	27144,2
P449	8960,000	20,000	24,28	0,04	485,5	0,8	151338,8	27145,0
P450	8980,000	20,000	22,72	0,04	454,4	0,8	151793,2	27145,8
P451	9000,000	20,000	21,33	0,04	426,6	0,8	152219,8	27146,6
P452	9020,000	20,000	21,40	0,04	427,9	0,8	152647,8	27147,4
P453	9040,000	20,000	22,31	0,04	446,3	0,8	153094,0	27148,2

P454	9060,000	20,000	22,73	0,02	454,6	0,4	153548,7	27148,6
P455	9080,000	20,000	19,64	0,02	392,7	0,4	153941,4	27149,0
P456	9100,000	20,000	20,16	0,02	403,3	0,4	154344,7	27149,4
P457	9120,000	20,000	21,31	0,02	426,3	0,4	154771,0	27149,8
P458	9140,000	20,000	22,25	0,02	445,1	0,4	155216,0	27150,2
P459	9160,000	20,000	23,04	0,02	460,8	0,4	155676,9	27150,6
P460	9180,000	20,000	23,01	0,04	460,1	0,8	156137,0	27151,3
P461	9200,000	20,000	22,67	0,04	453,5	0,8	156590,5	27152,1
P462	9220,000	20,000	22,59	0,04	451,8	0,8	157042,2	27152,9
P463	9240,000	20,000	22,72	0,04	454,3	0,8	157496,5	27153,7
P464	9260,000	20,000	22,94	0,04	458,8	0,7	157955,3	27154,5
P465	9280,000	20,000	22,59	0,04	451,9	0,8	158407,2	27155,2
P466	9300,000	20,000	21,96	0,04	439,2	0,8	158846,4	27156,0
P467	9320,000	20,000	20,82	0,04	416,4	0,8	159262,8	27156,8
P468	9340,000	20,000	18,56	0,04	371,2	0,8	159634,1	27157,6
P469	9360,000	20,000	19,70	0,04	394,1	0,8	160028,1	27158,4
P470	9380,000	20,000	17,44	0,04	348,8	0,8	160376,9	27159,2
P471	9400,000	20,000	17,07	0,04	341,3	0,8	160718,2	27160,0
P472	9420,000	20,000	17,31	0,04	346,2	0,8	161064,4	27160,7
P473	9440,000	20,000	17,39	0,04	347,8	0,8	161412,2	27161,5
P474	9460,000	20,000	18,24	0,04	364,8	0,8	161777,0	27162,3
P475	9480,000	20,000	18,95	0,04	378,9	0,8	162155,9	27163,1
P476	9500,000	20,000	17,89	0,04	357,8	0,8	162513,7	27163,9
P477	9520,000	20,000	20,19	0,04	403,8	0,8	162917,5	27164,6
P478	9540,000	20,000	18,28	0,04	365,7	0,8	163283,2	27165,4
P479	9560,000	20,000	19,29	0,04	385,8	0,8	163668,9	27166,2
P480	9580,000	20,000	21,70	0,04	433,9	0,8	164102,9	27167,0
P481	9600,000	20,000	24,68	0,04	493,5	0,8	164596,4	27167,8
P482	9620,000	20,000	22,82	0,04	456,4	0,8	165052,7	27168,6
P483	9640,000	20,000	22,38	0,04	447,6	0,8	165500,4	27169,4
P484	9660,000	20,000	20,80	0,04	416,0	0,8	165916,3	27170,2
P485	9680,000	20,000	20,94	0,04	418,7	0,8	166335,1	27170,9
P486	9700,000	20,000	19,17	0,04	383,5	0,8	166718,5	27171,7
P487	9720,000	20,000	18,63	0,04	372,6	0,8	167091,1	27172,5
P488	9740,000	20,000	20,38	0,04	407,5	0,8	167498,6	27173,3
P489	9760,000	20,000	17,63	0,05	352,5	0,9	167851,1	27174,2
P490	9780,000	20,000	17,07	0,04	341,5	0,8	168192,6	27174,9
P491	9800,000	20,000	15,47	0,05	309,4	0,9	168502,0	27175,9
P492	9820,000	20,000	16,57	0,52	331,5	10,3	168833,5	27186,2
P493	9840,000	20,000	12,92	2,30	258,3	45,9	169091,8	27232,1
P494	9860,000	20,000	12,92	2,71	258,5	54,2	169350,3	27286,3
P495	9880,000	11,553	12,66	0,32	146,3	3,7	169496,6	27290,0
P496	9883,106	1,553	9,47	0,00	14,7	0,0	169511,3	27290,0

