

Liste des tableaux

Tableau 2-1. Coefficient D'équivalence	07
Tableau 2- 2. Valeur de K_1	08
Tableau 2-3.Valeur de K_2	08
Tableau 2-4 .Valeur de la capacité théorique	08
Tableau 2-5.Les calculs sont représentés dans le tableau suivant.....	10
Tableau 3-1. Rayons du tracé en plan	18
Tableau 3-2. Récapitulation des paramètres fondamentaux.....	18
Tableau 3-3. Exemple de calcul	20
Tableau 3-4. Récapitulatif des résultats du calcul.....	22
Tableau 3-5. Valeur de la déclivité maximale.....	25
Tableau 3-6. Rayons verticaux pour un angle saillant	26
Tableau 3-7. Rayons verticaux pour un angle rentrant	26
Tableau 3-8. Exemple de calcul	29
Tableau 4-1. Résultats d'essais géotechniques.....	44
Tableau 4- 2. Résultats d'essais géotechniques	44
Tableau 4-3. Classification des trafics	48
Tableau 4-4. Valeur du coefficient d'agressivité CAM.....	48
Tableau 4-5. La portance de sol en fonction de l'indice de CBR	49
Tableau 4-6. Coefficients d'équivalence pour chaque matériau	50
Tableau 4-7. La classe du trafic poids lourd	51
Tableau 4-8. Classement de sole en fonction de l'indice de CBR	52
Tableau 4-9. Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion	54
Tableau 4-10. Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.....	54
Tableau 4-11. Les zones climatiques de l'Algérie	54
Tableau 4-12. Récapitulatif des résultats du calcul.....	56
Tableau 4-13. Variable de Gauss	61
Tableau 4-14. Coefficient de ruissellement 'C'	62
Tableau 4-15. Coefficient de rugosité K_{ST}	62
Tableau 4-16. Intensité-Durée-Fréquence.....	63
Tableau 4-17. Vitesse d'approche à vide V_0	73
Tableau 4-18. Distance de visibilité des véhicules prioritaires	73
Tableau 4-19. Distance de visibilité des véhicules non prioritaires	74
Tableau 4-20. Modulation des lignes discontinues	81

Table des figures

LISTE DES FIGURES

Figure1-1 : Photo illustrant la situation géographique	03
Figure3-1 : Élément de clothoïde	14
Figure3-2 : Exemple de calcul.....	19
Figure3-3 : Éléments géométriques du profil en long	24
Figure3-4 : Schéma de la courbe du profil en long	27
Figure3-5 : Exemple Du Calcul Du Profil En Long.....	29
Figure3-6 : Éléments du profil en travers.....	31
Figure3-7 : Profil en travers mixte	33
Figure3-8 : Formule de M_R Sarraus	34
Figure3-9 : Profil en long.....	34
Figure 4-1 : Schéma théorique de la structure du corps de chaussée.....	47
Figure 4-2 : Les niveaux de réseau principal	53
Figure 4-3 : Récapitulatif des résultats de la méthode CBR	56
Figure 4-4 : Récapitulatif des résultats de la méthode de SETRA.....	57
Figure 4-5 : Récapitulatif des résultats de la méthode des chaussées neuves	58
Figure 4-6 : Fossés	64
Figure 4-7 : Vue de face d'une buse de diamètre $\varnothing = 1000$ mm	67
Figure 4-8 : Résultat de dimensionnement du fossé	67
Figure 4-9 : Carrefour à trois branches	70
Figure 4-10 : Carrefour à quatre branches.....	70
Figure 4-11 : Diagramme de visibilité –priorité à droite.....	74
Figure 4-12 : Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de STOP.....	75
Figure 4-13 : Carrefour en Y (PK 55 + 500).....	75
Figure 4-14 : Type de modulation.....	81
Figure 4-15 : Panneaux de signalisation de danger (type A)	82
Figure 4-16 : Panneaux d'interdiction de priorité et d'obligation (type B).....	83
Figure 4-17 : Panneaux de signalisation d'intersection et de priorité (type AB).....	84
Figure 4-18 : Signalisation de direction (type E4)	84
Figure 4-19 : Flèche de sélection	85
Figure 4-20 : Flèche de rabattement.....	85

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET	
1- INTRODUCTION	03
2- LE CADRE D'ÉTUDE.....	04
3- OBJECTIF DE L'ÉTUDE.....	05
Chapitre II : ETUDE DE TRAFIC	
1- INTRODUCTION.	06
2- LA CONNAISSANCE DU TRAFIC	06
2-1 Les comptages.....	06
2-2 Les enquêtes simplifiées.	06
2-3 . Les enquêtes complètes.....	06
3- LES DIFFERENTS TYPES DU TRAFIC	06
3-1 . Trafic normal	06
3-2 . Trafic dévié	06
3-3 . Trafic induit	06
3-4 . Trafic total.....	06
4- DEFINITION DE LA CAPACITE.....	06
4-1 . Calcul de TJMA horizon	07
4-2 . Calcul des trafics effectifs	07
5-DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMALE.....	07
5-1 . Débit horaire admissible	07
6- APPLICATION AU PROJET	08
6-1 . Données du trafic	08
6-2 . Calcul de TJMA horizon	09
6-3 . Calcul du trafic effectif	09
6-4 . Débit de pointe horaire normal	09
6-5 . Débit de pointe horaire à l'année horizon	09
6-6 . Détermination de nombre de voies	09
6-7 . Calcul de l'année de saturation de la voie	10
7- CONCLUSION.....	10
Chapitre III : Géométrie routière	
TRACE EN PLAN :	
1- INTRODUCTION.	12
2- DEFINITION.....	12
3- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN.....	12
4- PARAMETRES FNDAMENTAUX DE PROJET.....	12
4-1 . La vitesse de référence	12
4-2 . Choix de la vitesse de référence	13
4-3 . Vitesse de projet	13
4-4 . Dévers	13
5- LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN.....	13
5-1 . Les alignements	12
5-2 . Longueur minimale	13
5-3 . Longueur maximale	13
6- TYPE DE COURBES DE RACCORDEMENT	14
6-1 . Parabole cubique	14
6-2 . Lemniscate	14
6-3 . Clothoïde.....	14
7- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT	15

SOMMAIRE

7-1 . Condition de confort optique	15
7-2 . Condition de confort dynamique	16
7-3 . Condition de gauchissement	16
8- STABILITE EN COURBE.....	17
8-1 . Rayon horizontal minimal absolu (RHm).....	17
8-2 . Rayon minimal normal (RHN)	17
8-3 . Rayon au dévers minimal (RHd)	17
8-4 . Rayon minimal non déversé (RHnd)	17
9- PARAMÈTRES FONDAMENTAUX	18
10- CALCUL D'AXE	19
PROFIL EN LONG :	
1- DEFINITION	23
2- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG	23
3- LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG	23
3-1 Les types de rayons	23
4- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG	24
5- DÉCLIVITÉS	24
5-1 . Déclivité minimale.....	24
5-2 . Déclivité maximale	24
6- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....	25
6-1 . Raccordements convexes (angle saillant)	25
6-2 . Raccordements concaves (angle rentrant)	26
7- DÉTERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG.....	26
8-APPLICATION AU PROJET	29
PROFIL EN TRAVERS :	
1- DEFINITION	30
2- MODERNISATIONS DU PROFIL EN TRAVERS	30
3- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS.....	30
3-1 Le profil en travers type	30
3-2 Le profil en travers courant.....	30
4- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS	31
5- APPLICATION AU PROJET	32
CUBATURE :	
1- INTRODUCTION.	33
1-1 DEFINITION	33
2- MÉTHODE DE CALCULE DES CUBATURES	33
2-1 Méthode de Mr SARRAUS	34
2-2 Méthode classique	35
Chapitre VIII : Aménagement de tracé routier	
ETUDE GEOTECHNIQUE :	
1- INTRODUCTION.	37
2- L'OBJECTIF DE LA GÉOTECHNIQUE ROUTIÈRE	37
3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE	37
4- RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE	38
4-1 . Les différents essais en laboratoire	38
4-2 . Les différents essais in situ	42
5- CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS	43
6- DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE DE SITE.....	43
7- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ESSAIS	45

SOMMAIRE

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :

1- INTRODUCTION.....	46
2- LA CHAUSSEE.....	46
2-1 Les différents types de chaussées	46
3- FACTEURS A CONSIDERER DANS LE DIMENSIONNEMENT	47
3-1 . Trafic.....	47
3-2 . Environnement	49
3-3 . Le Sol Support	49
3-4 . Matériaux	49
4- LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT	49
4-1 . Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio)	49
4-2 . Méthode du catalogue des structures «SETRA»	51
4-3 . Méthode d’A.A.S.H.O	52
4-4 . La méthode L.C.P.C.....	52
4-5 . Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	53
5- APPLICATION AU PROJET	55
5-1 . La méthode C.B.R.....	55
5-2 . Méthode de catalogue des structures «SETRA».....	57
5-3 . Méthode du catalogue des chaussées neuves C.T.T.P	57
6- CONCLUSION.....	58

ASSAINISSEMENT :

1- INTRODUCTION.....	59
2- L’OBJECTIF DE L’ASSAINISSEMENT	59
3- TYPES DE CANALISATIONS	60
4- DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D’ASSAINISSEMENT	60
4-1 . Le débit d’apport.....	60
4-2 . Pluie journalière maximal annuelle P_j	61
4-3 . Le débit de saturation	62
5- DIMENSIONNEMENT DES BUSES	63
6- DIMENSIONNEMENT DES FOSSES.....	63
6-1 . Calcul de la surface mouillée	64
6-2 . Calcul du périmètre mouillé.....	64
6-3 . Calcul le rayon hydraulique	64
7- APPLICATION AU PROJET	65
7-1 . Données hydrauliques	65
7-2 . Calcul hydraulique.....	65
7-3 . Dimensionnement des buses	66
7-4 . Dimensionnement des fossés	67
8- CONCLUSION.....	68

AMENAGEMENT DES CARREFOURS :

1- INTRODUCTION.....	69
1-1 DEFINITION	69
2- CHOIX DE L’AMENAGEMENT	69
3- LES PRINCIPAUX TYPES DE CARREFOUR:.....	69
3-1 . Carrefour à trois branches	69
3-2 . Carrefour à quatre branches	70
3-3 . Carrefour à branches multiples	71
4- DONNEES POUR L’AMENAGEMENT D’UN CARREFOUR	71
5- PRINCIPES GENERAUX D’AMENAGEMENTS D’UN CARREFOUR.....	72
6- LA VISIBILITE.....	72

SOMMAIRE

6-1 . Triangle de visibilité	72
6-2 . Les ilots	73
7- APPLICATION AU PROJET	74
7-1 . Dessin de triangle de visibilité	74
SIGNALISATION :	
1- INTRODUCTION.	76
2- L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE	76
3- CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS	76
4- PRINCIPES DE BASE DE LA SIGNALISATION	76
4-1 . Principe de valorisation.....	76
4-2 . Principe de concentration.....	77
4-3 . Principe de lisibilité	77
5- CATEGORIES DE SIGNALISATION.....	77
5-1 . Signaux d'avertissement de danger	77
5-2 . Signaux de réglementation	77
5-3 . Signaux d'indication	78
6- LES PANONCEAUX.....	78
7- TYPES DE SIGNALISATION	79
7-1 . Signalisation verticale.....	79
7-2 . Signalisation Horizontale.....	79
8- APPLICATION AU PROJET	82
CONCLUSION GENERALE	86
BIBLIOGRAPHIE	87

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DU

PROJET

CHAPITRE II

ETUDE DE TRAFIC

CHAPITRE III

GÉOMÉTRIE

ROUTIÈRE

CHAPITRE IV

AMÉNAÈMENT DE --- ***TRACÉ ROUTIER*** ---

ANNEXES

INTRODUCTION :

Le réseau routier occupe une place stratégique de transport, puisqu'il supporte plus de 85% du volume de transport de marchandise et de voyageurs, c'est par conséquent, un élément essentiel et fondamental dans le processus de développement du pays.

Actuellement, en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, les routes existantes qui supportent ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessitent des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements.

L'évolution démographique et la forte urbanisation ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

L'objectif des ces mesures est d'assurer la sécurité, le confort des usagers avec les moindres coûts possibles, d'où, ce présent projet de fin d'études qui consiste à la création d'une infrastructure routière qui se situe dans la wilaya de Tlemcen (liaison entre Yaghmoracen (Bab Khoroufa) et Honaine (Ouardania) sur un linéaire de 42 kms.

. Elle comportera des tronçons en création neuve, la modernisation et le réaménagement des tronçons routiers existants.

Ce projet entré dans le développement durable du tourisme de la wilaya de Tlemcen parce que la région de la rocade recèle un potentiel en ressources côtières et paysagères indéniables qui mérite d'être étudié, analysé et exploité pour la promotion du tourisme de balnéaire, de montagne et de transit.

1-Introduction :

Le but de la création de la rocade côtière est de favoriser le développement touristique de la région côtière entre GHAZAOUET et HONAINE.

L'itinéraire de cette nouvelle route devra donc s'approcher le plus possible de la côte pour permettre d'exploiter les possibilités touristiques offertes par la mer et de faciliter les accès aux endroits qui se prêtent particulièrement à la création d'infrastructures touristiques.

La région entre GHAZAOUET et HONAINE est extrêmement montagneuse et par conséquent les tracés possibles pour une nouvelle route sont très limités et ne peuvent pas répondre toujours de façon optimale aux exigences voulues.

Tout autre tracé qui s'approche davantage à la mer impliquerait des ouvrages d'art très importants à cause des nombreuses vallées profondes et des falaises à traverser, avec des coûts d'investissement très hauts, qui ne se justifient pas dans l'opération globale.

Le projet se situe entre les communes de Yaghmoracen (Bab Khoroufa) et Honaine (Ouardania) sur un linéaire de 42 kms.

Figure1-1 : Photo illustrant la situation géographique



2-LE CADRE D'ETUDE :

Dans le cadre du programme de développement de l'infrastructure de la wilaya de Tlemcen on a réalisé l'étude de la modernisation de la rocade côtière . Elle constitue la liaison entre Bab Khrofa et Douar Ziatine sur un linéaire de 9.813 km, du Pk 54+300 au Pk 64+113.

Le tracé proposé est très éloigné de la mer, et ne répond pas aux buts d'une rocade côtière, mais cette solution adopte le maximum de réseau routier existant (RN98, CW 103, CW 103A et CV7).

3- Objectif du projet :

L'objectif principal de notre étude consiste à améliorer le niveau de service par la rocade côtière.

Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit :

- ❖ L'amélioration du système de drainage.
- ❖ L'augmentation de la capacité de la route.
- ❖ L'amélioration de la sécurité et la réduction du temps de parcours.
- ❖ L'amélioration des flux du trafic routier entre les régions.
- ❖ La réduction des risques d'accidents vis-à-vis des piétons et des véhicules.
- ❖ Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.
- ❖ L'amélioration du niveau de service et les conditions de circulations de la route par la fluidification du trafic routier.
- ❖ L'amélioration substantielle de la qualité de l'air grâce à la réduction des émissions des véhicules et la limitation des nuisances sonores sur la rocade.

1- Introduction :

Les études de trafic constituent l'élément de base dans la conception et le dimensionnement du réseau routier.

Le trafic est utilisé dans le classement et l'hierchisation du réseau routier national, il est utilisé également dans la fixation du cout d'exploitation des véhicules.

2- La connaissance du trafic :**2-1 Les comptages :**(technique n'identifiant pas les véhicules)

- Comptages manuels
- Comptages automatiques
- Comptages directionnels
- Comptage directionnel par numéro de voiture ou film

2-2 Les enquêtes simplifiées :

- Enquêtes par relève minéralogique
- Enquêtes par cartes
- Enquêtes papillons

2-3 Les enquêtes complètes :

- Enquêtes par interview le long de la route
- Enquête par interview à domicile ou enquêtes ménages

3- Les différents types du trafic :

3-1 Trafic normal : c'est un trafic recensé sur l'itinéraire de la route avant son aménagement à une année donnée.

3-2 Trafic dévié : c'est le trafic dévie sur d'autre itinéraire suite au faible niveau de service offert par la route avant aménagement.

3-3 Trafic induit : est le nouveau trafic attiré suite à l'amélioration du niveau de service de la route aménagée.

3-4 Trafic total : c'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

4- Définition de la capacité :

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

4-1.Calcul de TJMA horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_0 \times (1 + \tau)^n$$

$TJMA_h$: Le trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$: Le trafic à l'année zéro (l'année de référence).

4-2.Calcul des trafics effectifs:

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement :

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation : $T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Tableau 2-1 : Coefficient D'équivalence P

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

5- Débit de pointe horaire normal :

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

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe pris égale 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h .

5-1 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{\text{adm}} (\text{uvp/h}) = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

K_1 : coefficient lié à l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective du profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau 2-2 : Valeur de K_1 :

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 2-3 : Valeur de K_2 :

environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 2-4 : Valeur de C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

	Capacité théorique
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 chaussées séparées	1500800 uvp/h

6- Application au projet :

Le trafic sur la section étudiée, d'après les informations requise auprès de la direction de travaux publics de la wilaya de Tlemcen s'élevé à 2500 V/J.

6-1 Données du trafic :

- Le comptage effectué en 2011
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$
- La vitesse de base $V_B = 80 \text{ Km/h}$
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 25\%$
- Année de mise en service est 2014
- La durée de vie de projet est de 20 ans.
- Catégorie C_1
- Environnement E_2
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : $p = 6$

6-2 Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_h = (1+\tau)^n \times TJMA_{2011}$$

$$TJMA_{2014} = (1+0.04)^3 \times 2500 \longrightarrow TJMA_{2014} = 2813 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2034} = (1+0.04)^{20} \cdot 2813 \longrightarrow TJMA_{2034} = 6164 \text{ v/j}$$

6-3 Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1-\tau) + PZ] TJMA_h$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.

$$T_{\text{eff}(2014)} = [(1-0.04) + 6 \times 0.25] \times 2813 \longrightarrow T_{\text{eff}(2014)} = 6330 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}(2034)} = [(1-0.04) + 6 \times 0.25] \times 6164 \longrightarrow T_{\text{eff}(2034)} = 13869 \text{ uvp/j}$$

6-4 Débit de pointe horaire normal :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12

$$Q_{2014} = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}(2014)} = 0,12 \times 6330 \longrightarrow Q_{2014} = 760 \text{ uvp/h}$$

6-5 Débit de pointe horaire à l'année horizon :

$$Q_{2034} = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}(2034)} = 0,12 \times 13869 \longrightarrow Q_{2034} = 1665 \text{ uvp/h}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut supporter, c'est le débit admissible.

$$Q \leq Q_{\text{adm}}$$

$$\longrightarrow Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

$$\longrightarrow C_{\text{th}} \geq Q / K_1 \times K_2$$

Catégorie C_1	}	$K_1 = 0.85$	$Q_{2014} = 760 \text{ uvp/h}$
Environnement E_2		$K_2 = 0.99$	

$$C_{\text{th}} \geq \frac{760}{0.85 \times 0.99} \longrightarrow C_{\text{th}} \geq 904 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}} = 0.85 \times 0.99 \times 904 \longrightarrow Q_{\text{adm}} = 760.7 \text{ uvp/h}$$

6-6 Détermination de nombre de voies :

$$n = \frac{2}{3} \times \frac{760}{760.7} = 0,67$$

Donc $n \approx 1 \longrightarrow$ une voie par sens

6-7 Calcul de l'année de saturation de la voie :

$$Q_{2014} = 760 \text{ uvp/h} ; Q_{adm} = 760.7 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} = 4 \times 760.7 \longrightarrow Q_{saturation} = 3043 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2014}$$

$$n = \frac{l^n (Q_{saturation} / Q_{2014})}{l^n (1 + \tau)} \longrightarrow n = 35 \text{ ans.}$$

Tableau 2-5 : Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₀₈ (v/j)	TJMA ₂₀₁₄ (v/j)	TJMA ₂₀₃₄ (v/j)	T _{eff 2014} (uvp/j)	T _{eff 2034} (uvp/j)	Q ₂₀₁₄ (uvp/h)	Q ₂₀₃₄ (uvp/h)	n
2500	2813	6164	6330	13869	760	1665	1

7- Conclusion :

Le profile en travers retenu pour notre projet est défini comme suit :

Chaussée bidirectionnelle de 2 voies de 3,50 m est des accotements de 1,50 m.

Tracé en plan :

1- Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- ❖ Trace de son axe en situation ou en plan.
- ❖ Tracé cette axe en élévation ou profil en long.
- ❖ Profil en travers.

2- Définition :

Le tracé en plan représente la reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal. Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliées entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Le tracé est caractérisé par une vitesse de référence ou vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer ou définir toutes caractéristiques géométriques de la route, le tracé en plan doit être étudié en fonction des données économiques qu'on peut recueillir.

3- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour obtenir un bon tracé dans les normes, on essaie dans la mesure du possible d'éviter :

- ❖ De passer sur les terrains agricoles.
- ❖ Le passage de très près des zones urbaines.
- ❖ Le passage sur les oueds pour éviter la construction d'ouvrages.
- ❖ Les sites qui sont sujets à des problèmes géotechniques.
- ❖ Respecter l'environnement.
- ❖ Adapter le tracé afin d'éviter les terrassements importants.
- ❖ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ❖ Introduire des sur largeurs pour les poids lourds.
- ❖ Dans le cas des terrains plats, l'axe sera placé le plus près possible des points hauts de façon à utiliser les possibilités de drainage naturel.

4- Paramètres fondamentaux de projet :

4-1 La vitesse de référence :

La vitesse de référence (V_r) est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre eux ; elle dépend de la catégorie, de l'environnement et de la politique économique du pays. Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet. Choisir une vitesse de base élevée nécessite un aménagement plus approprié et adapté à cette vitesse.

4-2 Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ❖ Caractéristiques topographiques.
- ❖ Type de la route dans le réseau.
- ❖ Importance et genre de trafic.
- ❖ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

4-3 Vitesse de projet :

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales. Pour une route Nationale on admet $V_r = 80$ km/h

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 bonne conditions.

4-4 Dévers :

Pour l'évacuation des eaux pluviales au droit des alignements assurer la stabilité dynamique des véhicules en courbe.

La route nécessite un dévers qui est par définition la pente transversale de la chaussée.

5- Les éléments de tracé en plan :

5-1 Les alignements :

Une longueur minimale d'alignement L_{\min} 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.

5-2 Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation :

$$L_{\min} = T \cdot V_B$$

Avec : V_B : vitesse de base en (m/s) et $T = 5$ sec

5-3 Longueur maximale :

La distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse v .

$$L_{\max} = 60 \cdot V_B$$

6- Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a trois types de courbes suivantes :

6-1 Parabole cubique :

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

6-2 Lemniscate :

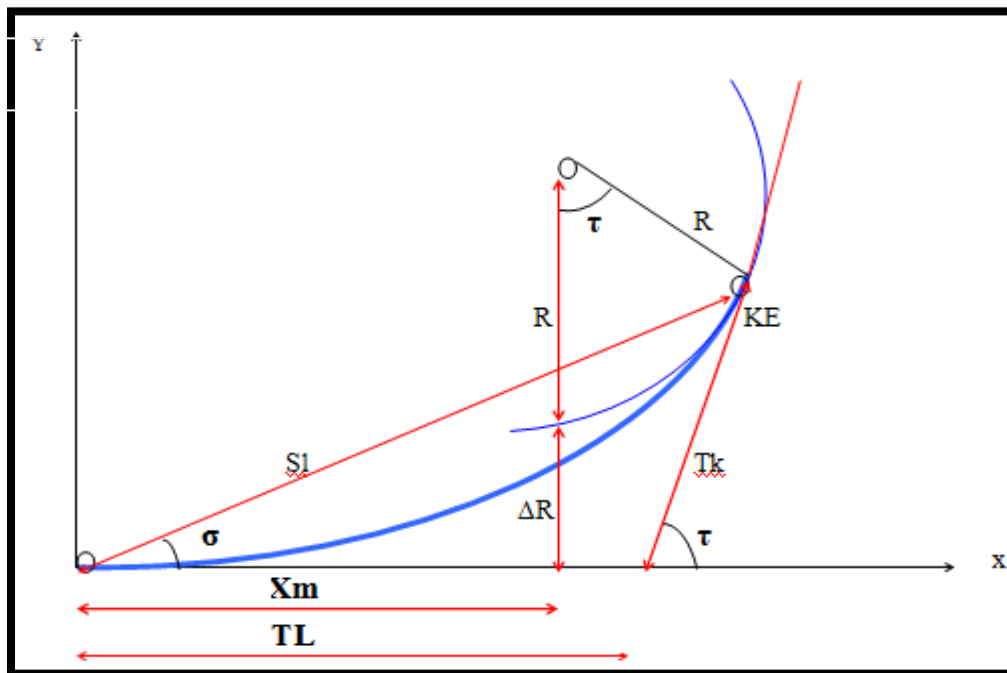
Courbe utilisée pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.

6-3 Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou l'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.

Figure3-1 : Élément de clothoïde



R : rayon de cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

A : paramètre de la clothoïde.

K_A : origine de la clothoïde.

K_E : extrémité de la clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : Angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue.

σ : Angle polaire.

S_L : corde ($K_E - K_A$).

M : centre du cercle d'abscisse X_M .

X_M : abscisse du centre du cercle de M à partir de K_A

Y_M : ordonnée du centre du cercle M à partir de K_A .

*Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = C.L: K = \frac{1}{R} \Rightarrow L.R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C.L \quad \text{On pose: } \frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$$

7- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

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

7-1 Condition de confort optique :

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorçons le virage , la rotation de la tangente doit être $\leq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

*Règle générale (B40):

- ❖ $R < 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0,5 m)
- ❖ $L = \sqrt{24R\Delta R}$
- ❖ $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $L \geq \frac{R}{9}$
- ❖ $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2,5\text{m}$ $L = 7,75\sqrt{R}$

7-2 Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation par unité de temps de l'accélération transversale.

$$L = \frac{V_r^2}{18} \times \left(\frac{V_r^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right)$$

V_r : vitesse de référence en (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) (%)

7-3 Condition de gauchissement :

La demi-chaussée extérieure au virage est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule dont le raccordement doit être assuré. un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de Variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte $\Delta p < 0,5/V_R$.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_r$$

L : longueur de raccordement.

l : largeur de la chaussée.

NB : La vérification des deux conditions de 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%.

$$L \geq 5/36 \cdot \Delta d \cdot V_r$$

*** Rôle et nécessité des courbes de raccordement :**

- 1) Stabilité transversale des véhicules.
- 2) Confort des passages en véhicules.
- 3) Transition de la forme de la chaussée.
- 4) Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

***Arcs de cercle:** Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- 1) La stabilité des véhicules.
- 2) L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- 3) La visibilité latérale.

8- Stabilité en courbe :

Dans un virage, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à lui provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

8-1 Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

f_t : coefficient de frottement transversal

V_B : vitesse de référence en (km/h)

$$RHM = \frac{V_B^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

8-2 Rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20km/h de rouler en toute sécurité.

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

8-3 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 telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RHd = \frac{V_B^2}{127 \cdot 2 \cdot d_{\min}} \quad \text{Dévers associé : } d_{\min} = 2.5\% \text{ en catégorie } 1 - 2$$

$$d_{\min} = 3\% \text{ en catégorie } 3 - 4 - 5$$

8-4 Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé tel que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_B en courbe de devers égal à d_{\min} vers l'extérieur reste inférieur à la valeur limitée.

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \cdot 0,035} \longrightarrow \text{cat } 1-2 \quad RHnd = \frac{V_B^2}{127(f'' - 0,03)} \longrightarrow \text{cat } 3-4-5$$

Avec $f'' = 0,060$ cat 1-2, $f'' = 0,07$ cat 3 et $f'' = 0,075$ cat 4-5

9- Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes d'aménagements routiers B40, pour un environnement E2 et une catégorie C1 et une vitesse de base $V_B = 80$ km/h on définit les paramètres suivants :

Tableau 3-1 : Rayons du tracé en plan

paramètres	symboles	valeurs
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	240
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	425
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	650
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd(-2.5%)	900

Tableau 3-2 : Récapitulation des paramètres fondamentaux

Paramètre	Unité	Symboles	valeurs
Vitesse de base	Km/h	V_B	80
Longueur minimale	m	L_{\min}	112
Longueur maximale	m	L_{\max}	1333
Devers maximal	(%)	d_{\max}	7
Devers minimal	(%)	d_{\min}	2.5
Temps de perception réaction	(s)	t_1	2
Frottement longitudinal	-	f_L	0.39
Frottement transversal	-	f_t	0.13
Distance de freinage	(m)	d_0	65
Distance d'arrêt	(m)	d_1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale	(m)	d_m	325
Distance de visibilité de dépassement normale	(m)	d_n	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	(m)	d_{md}	200

10- Exemple de calcul d'axe :

Le calcul d'axe est l'opération permettant de matérialiser le tracé routier par des coordonnées x.y.z représentant l'ensemble des points caractéristiques du tracé et faciliter par la même l'établissement d'un plan de piquetage nécessaire à l'implantation topographique de tout le tracé routier.

Le calcul d'axe se fait à partir d'une base de coordonnées qui sont propres au projet (stations locales) ou stations NGA et il doit suivre les étapes suivantes :

- ❖ Calcul des gisements.
- ❖ Calcul de l'angle γ entre les alignements.
- ❖ Calcul de la tangente T.
- ❖ Calcul de la corde polaire SL.
- ❖ Vérification de non- chevauchement.
- ❖ Calcul de l'arc en cercle.
- ❖ Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- ❖ Calcul de kilométrage des points particuliers.

Figure3-2 : Exemple de calcul

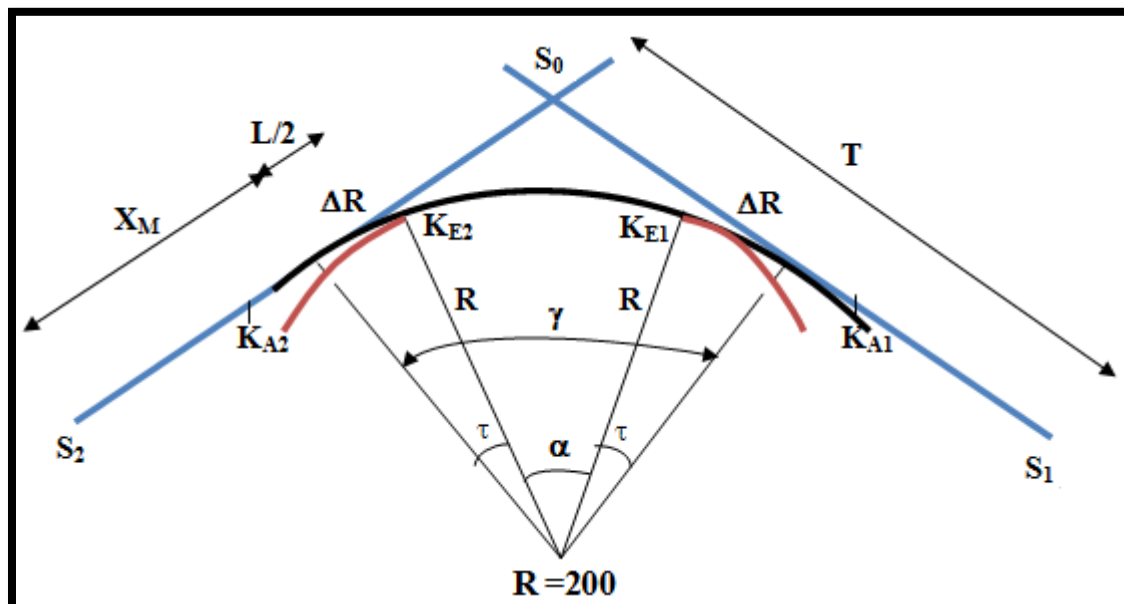


Tableau 3-3 : Exemple de calcul

Point	X(m)	Y(m)
S ₁	7613.3003	10594.8411
S ₀	7652.0577	10601.6917
S ₂	7690.5740	10593.3345

Détermination de A :

Selon le règlement B40 on a :

$$R < R_{\text{hnd}}$$

$$R = 200 < 900\text{m} \longrightarrow R/3 < A < R$$

$$200/3 < A < 200$$

$$66.66 < A < 200 \longrightarrow \text{On prend : } A = 135$$

Détermination de la valeur minimale de L (longueur de la clothoïde) :**Condition de confort optique :**

$$R = 200\text{m} \leq 900\text{m} \longrightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prendre : $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5)

$$L \geq \sqrt{24 \times 200 \times 1} = 70\text{ m}$$

Donc : $L = 70\text{m} \dots \dots \dots (1)$

Condition de confort dynamique :

$$\Delta d = d + d_{\text{min}} \longrightarrow \Delta d = 7 + 2.5 = 9.5\%$$

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \times \left(\frac{V_B^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \Rightarrow L \geq \frac{80^2}{18} \times \left(\frac{80^2}{127 \times 200} - 0,095 \right) = 55,81\text{m}$$

Donc : $L = 55,81\text{m} \dots \dots \dots (2)$

Condition de gauchissement :

$$L \geq l \times \Delta d \times V_B \Rightarrow L \geq 7 \times 0.095 \times 80 = 53.2\text{m}$$

Donc: $L = 53,2\text{m} \dots \dots \dots (3)$

D'ou 1, 2 et 3 on aura: $L = 70\text{m}$

Calcul du paramètre (Par) :

$$\text{Par} = A^2/R \longrightarrow \text{Par} = (135)^2 / 200 = 92$$

Calcul le ripage ΔR :

$$\Delta R = L^2 / (24 \times R) = (70)^2 / (24 \times 200) = 1,02$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{(\text{par})^2}{2 \times R^2} \times \frac{200}{\pi} = \frac{(92)^2}{2 \times (200)^2} \times \frac{200}{3.14} = 6,29 \text{ grades}$$

Calcul des Gisements

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord Géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

$$\text{gis} = \text{Arc tg} (\Delta X / \Delta Y)$$

Cas exceptionnels pour le calcul de gisement :

$$\text{GIS} = \text{gis} \quad \text{si} \quad (\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \quad (\text{avec gis} > 0)$$

$$\text{GIS} = 200 - \text{gis} \quad \text{si} \quad (\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0) \quad (\text{avec gis} < 0)$$

$$\text{GIS} = 200 + \text{gis} \quad \text{si} \quad (\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0) \quad (\text{avec gis} > 0)$$

$$\text{GIS} = 400 - \text{gis} \quad \text{si} \quad (\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \quad (\text{avec gis} < 0)$$

$$\begin{cases} \Delta X_1 = X_{S1} - X_{S0} = -38.757 \\ \Delta Y_1 = Y_{S1} - Y_{S0} = 6.85 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_2 = X_{S0} - X_{S2} = -77.27 \\ \Delta Y_2 = Y_{S0} - Y_{S2} = -1.5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{Gis}_2 = 400 - \text{Arc tg} (38.757 / 6.85) \\ \text{Gis}_1 = 313.33 \text{ grades} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{Gis}_1 = 200 + \text{Arc tg} (77.27 / 1.5) \\ \text{Gis}_2 = 288.88 \text{ grades} \end{cases}$$

Calcul des distances :

$$\overline{S_0 S_1} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{(38,757)^2 + (6,85)^2} = 39,35 \text{ m}$$

$$\overline{S_0 S_2} = \sqrt{\Delta X_2^2 + \Delta Y_2^2} = \sqrt{(77,27)^2 + (1,5)^2} = 77,28 \text{ m}$$

Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |\text{Gis}_1 - \text{Gis}_2| \longrightarrow \gamma = |313,33 - 288,88| = 24,45 \text{ grades}$$

Vérification de non chevauchement :

$$\gamma/2 = 12,225 > \tau = 6,29 \longrightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{(\text{Par})^2}{2.R} \cong \frac{L}{2} = \frac{(92)^2}{2 \times 200} = 21,16 \text{ m}$$

Abscisse de KE :

$$X = L \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2} \right) = 70 \left(1 - \frac{70^2}{40 \times 200^2} \right) = 69,78 \text{ m}$$

Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = \frac{70^2}{6 \times 200} = 4,08\text{m}$$

Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) = 21,16 + (200 + 1) \operatorname{tg} \left(\frac{24,45}{2} \right) = 60,23\text{m}$$

Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(69,78)^2 + (4,08)^2} = 69,89\text{m}$$

Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{y}{x} \right) = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{4,08}{69,78} \right) = 3,71\text{grades}$$

Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 24,45 - (2 \times 6,29) = 11,87\text{ grades}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{200 \times 3,14 \times 11,87}{200} = 37,27\text{m}$$

Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - (\overline{S_0S_1} - T) \cos (G_{S1} - 300) = 7633.72\text{m} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (\overline{S_0S_1} - T) \sin (G_{S1} - 300) = 10599.16\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cdot \cos (G_{S1} - 300) = 7702.07\text{m} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cdot \sin (G_{S1} - 300) = 10613.62\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + (\overline{S_0S_2} - T) \cos (\operatorname{Arc} \operatorname{tg} (\Delta y / \Delta x)) = 7707.60\text{m} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + (\overline{S_0S_2} - T) \sin (\operatorname{Arc} \operatorname{tg} (\Delta y / \Delta x)) = 10593.65\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL \cdot \cos (\operatorname{Arc} \operatorname{tg} (\Delta y / \Delta x)) = 7777.42\text{ m} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cdot \sin (\operatorname{Arc} \operatorname{tg} (\Delta y / \Delta x)) = 10594.97\text{m} \end{cases}$$

Tableau 3-4 : Récapitulatif des résultats du calcul

Coordonnés (m)	K _{A1}	K _{A2}	K _{E1}	K _{E2}
X	7633.72	7707.60	7702.07	7777.42
Y	10599.16	10593.65	10613.62	10594.97

Profil en long :

1- Définition :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé. Il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente sur rampe et des raccordements circulaires (ou paraboliques) par leur Rayon).

2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

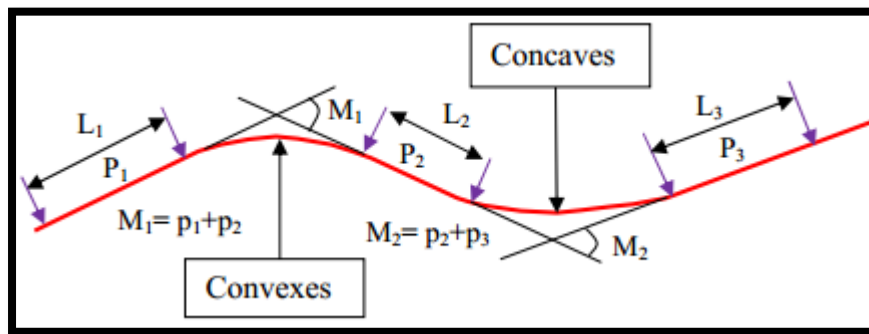
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique 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 un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter 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.

3- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques par leur rayon.

3-1 Les types de rayons :

- Les rayons en angle rentrants (concaves).
- Les rayons en angle saillant (convexes).

Figure 3-3 : Éléments géométriques du profil en long

4- Coordination du tracé en Plan et Du 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 d'assurer :

- Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passage souterrain ...etc.).

Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination trace en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe
- Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

5- Déclivités :

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle est dénommée **rampe** si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et **pente** dans le cas contraire.

5-1 Déclivité minimale :

- Il est recommandable d'éviter les pentes inférieures à 0.1%, et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux.

5-2 Déclivité maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 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.).

Tableau 3-5 : Valeur de la déclivité maximale

$V_b(\text{km/h})$	40	60	80	100	120	140
$I_{\max}(\%)$	8	7	6	5	4	4

6- Raccordements 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 doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types de raccordements :

6-1 Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire aux conditions de :

- confort.
- visibilité.

***Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qui est limitée à :

$$v^2/RV < g/40 \quad \text{avec } g = 10 \text{ m/s}^2.$$

$$RV \geq 0,3 V^2 \text{ (cat. 1-2).}$$

$$RV \geq 0,23 V^2 \text{ (cat 3-4-5).}$$

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

***Condition de visibilité :**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition de confort.

Il faut deux véhicules circulant 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 :

$$R_v \geq \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{(h_0 + h_1)})}$$

d_1 : Distance d'arrêt (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

les rayons assurent ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base, l'environnement et la catégorie de la route, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_B = 80$ km/h, la catégorie C1 et pour l'environnement E2 on a :

Tableau 3-6 : Rayons verticaux pour un angle saillant

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	4500
Min-normal	R_{vn}	10000
Dépassement	R_{vd}	11000
Déclivité maximale	I_{max} (%)	6 %

6-2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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

Tableau 3-7 : Rayons verticaux pour un angle rentrant

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2200
Min-normal	R_{vn}	3000
Dépassement	R_{vd}	11000
Déclivité maximale	I_{max} (%)	6 %

7- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

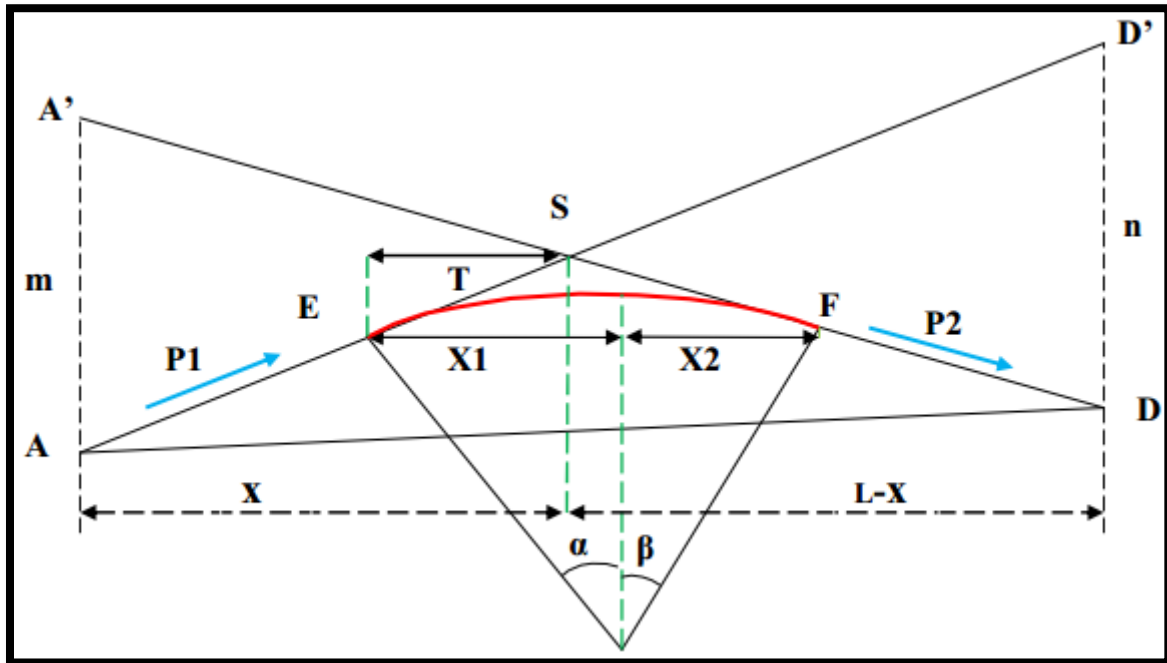
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : $X^2 + Y^2 - 2R Y = 0$

À l'équation de la parabole : $X^2 - 2RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points **A**, **D**.
- Donnée La pente **P₁** de la droite (**A_S**).
- Donnée la pente **P₂** de la droite (**D_S**).
- Donnée le rayon **R**.

Figure 3 -4 : Schéma de la courbe du profil en long



* Détermination de la position du point de rencontre (s) :

$$Z_{D'} = Z_A + L \times P_2 \quad ; \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{A'} = Z_D + L \times P_1 \quad ; \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1 X + Z_A \end{cases}$$

* Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

$$E \begin{cases} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T \times P_1 \end{cases} \quad F \begin{cases} X_F = X_S - T \\ Z_F = Z_S - T \times P_2 \end{cases}$$

* **Projection horizontale de la longueur de raccordement :**

$$LR=2T$$

* **Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

* **Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :**

$$M \begin{cases} H_X = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + Xp_1 - \frac{X^2}{2R} \end{cases}$$

* **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :**

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$J \begin{cases} X_J = X_E - R \times P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \times P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{cases} \quad \text{Avec:} \begin{cases} X_1 = R \times P_1 \\ X_2 = R \times P_2 \end{cases}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point (**J**) est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (**J**) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point **J**, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens **J (A)** et **J (D)**.

* **Raccordement des dévers :**

Le raccordement des dévers dans une rampe d'échangeur se fera de la manière suivante :

Dans la partie droite de la rampe le dévers est égal à 2.5%.

Dans la partie circulaire le dévers est constant et prend la valeur de 6%.

Entre l'alignement droit et la courbe circulaire (sur la clothoïde), le dévers est variable.

8- APPLICATION AU PROJET:

Figure 3 -5 : Exemple Du Calcul Du Profil En Long

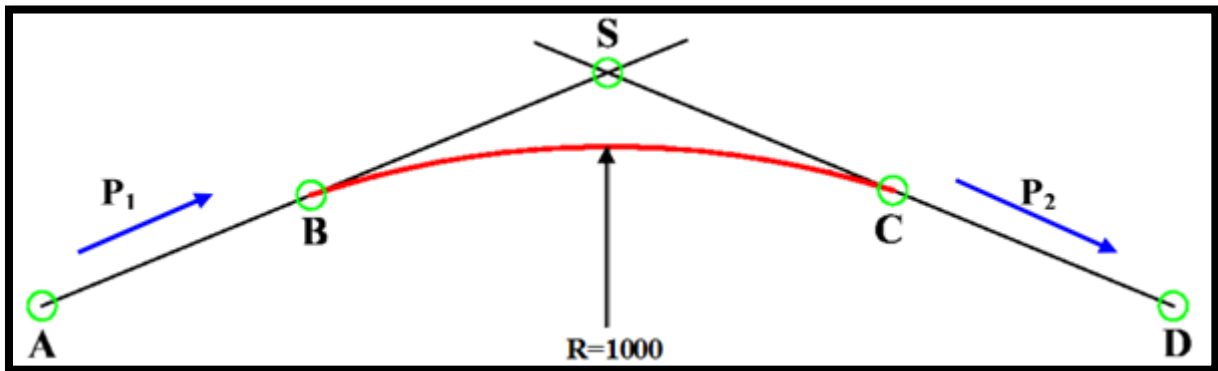


Tableau 3-8 : Exemple de calcul

points	PK (m)	Z (m)
A	300.500	1027.64
S	321.700	1028.92
D	342.400	1029.32

*Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{PK_S - PK_A} \times 100 \Rightarrow P_1 = \frac{321.700 - 300.500}{1028.92 - 1027.64} \times 100 = 6,08\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{PK_D - PK_S} \times 100 \Rightarrow P_2 = \frac{342.400 - 321.700}{1029.32 - 1028.92} \times 100 = 1,89\%$$

*Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 500 \times (0.0608 + 0.0189) = 39,85m$$

*Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = 0,794 m$$

*Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$X_B = PK_S - T = 321,70 - 39,85 = 281,85 m$$

$$Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 1028.92 - (39,85 \times 0.0608) = 1026,49m$$

$$X_C = PK_S + T = 321.70 + 39,85 = 361,55 m$$

$$Z_C = Z_S - T \cdot P_2 = 1028.92 - (39,85 \times 0,0189) = 1028,16m$$

Profil en travers :

1- DÉFINITION :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « **profil en travers** » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

2- MODERNISATION DU PROFIL EN TRAVERS :

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet la sortie sur site nous a permis, en premier de relevé que la largeur de la chaussée existante n'est pas fixe le long de la tracé (varie entre 4m et 6m), en second lieu de constater une insuffisance des accotements et leur absences au niveau de certaines sections de la route.

3- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

On distingue deux types de profils : type et courant.

3-1 Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (Remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

3-2 Le profil en travers courant :

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

4- LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS:

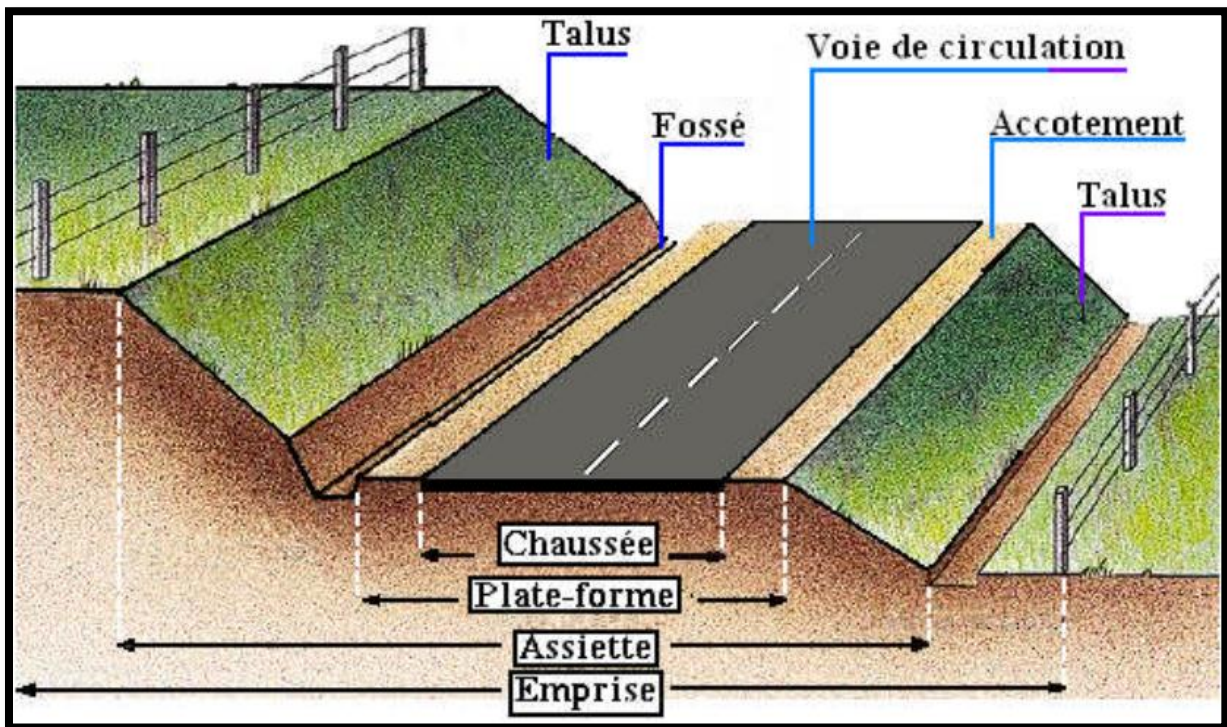


Figure 3-6 : Éléments du profil en travers

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

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.

La plate forme : C'est la surface de la route située entre les fossé 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.

L'assiette : Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

L'emprise : C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....), elle coïncidant généralement avec le domaine public.

Les accotements : Les accotements sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

B.D.G : Bonde dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.

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.

Berme : Partie latérale non roulable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

B.A.U : Partie de l'accotement, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée.

Banquette : Parapet de terre établi le long d'une route.

Caniveau : Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l'écoulement de l'eau.

5- Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $3.50 \times 2 = 7.00\text{m}$
- Accotement : $1.50 \times 2 = 3.00\text{m}$
- Plate forme : 10m

Cubature :

1- INTRODUCTION :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont un objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

1-1 DEFINITION :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprochée et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

2- MÉTHODE DE CALCULE DES CUBATURES :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifient le calcul.

Le travail consiste à calculer les surfaces (SD) et (SR) pour chaque profil en travers, ensuite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

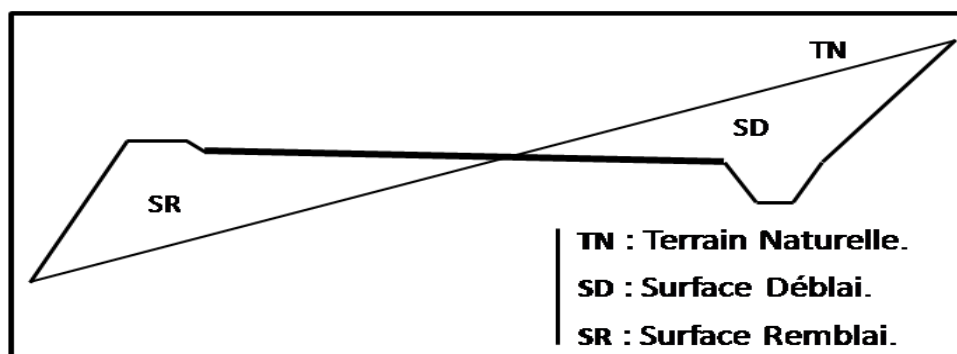


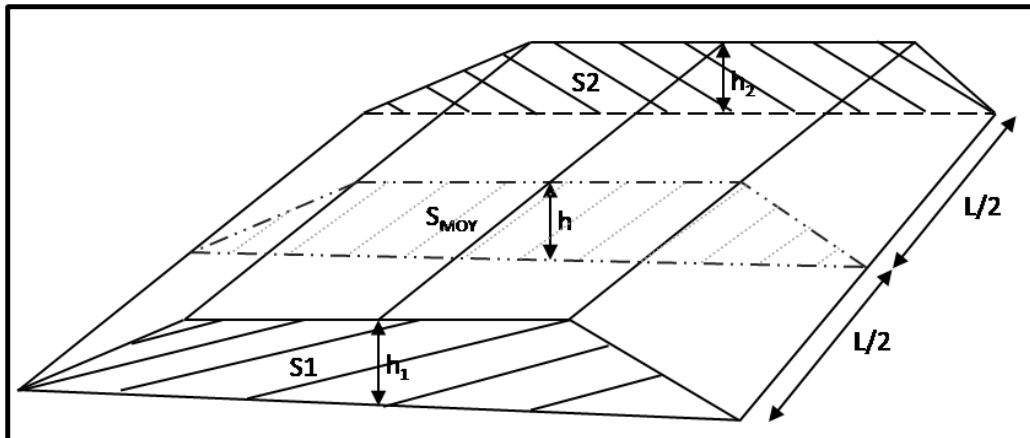
Figure 3-7 : Profil en travers mixte

2-1 Méthode de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

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

Figure 3-8 : Formule de M_R Sarraus



S1 et S2 : les surfaces des sections parallèles.

h : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.

S : la section équidistante des deux bases.

Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai.

Exemple:

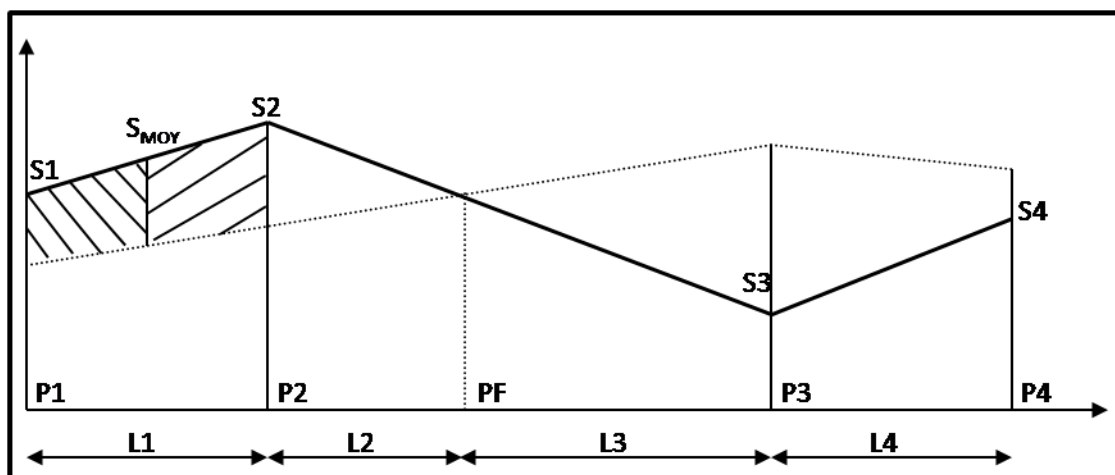


Figure 3-9 : Profil en long

- PF: profil fictive, surface nulle.
- Si: surface de profil en travers Pi.
- Li : distance entre ces deux profils.
- S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{Moy} et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Ce Si donne:

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront:

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

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

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

Ou:

$$\frac{L_1}{2}, \frac{L_1+L_2}{2} \quad \text{Sont appelées : longueur d'application}$$

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu' ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

2-2 Méthode classique :

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel COVADIS nous avons utilisé la méthode de GULDEN.

Etude géotechnique :

1- INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques, chimique et mécaniques des roches et des sols qui vont jouer le rôle d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; et qui exige des reconnaissances géotechniques.

La reconnaissance de sol, utilisant différents équipements et instrumentation sur terrain ou au laboratoire est un moyen pour le géotechnicien, à mieux connaître les sols et surtout le massif de sol étudié appelé à supporter dans de bonnes conditions le projet.

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment : les remblais, les fondations de chaussée et la construction des diverses couches de la chaussée.

2- L'OBJECTIF DE LA GÉOTECHNIQUE ROUTIÈRE :

- ❖ Définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée,
- ❖ Etablir le projet de terrassement,
- ❖ Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- ❖ L'étude des archives et documents existants (cartes géologiques et géotechniques)
- ❖ Les visites sur site.
- ❖ Les essais « in-situ ».
- ❖ Les essais de laboratoire.

4- RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE :

La géotechnique couvre un grand champ 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 (in situ).

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des études géotechnique.

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

4-1 Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- ❖ Les essais d'identification :
 - Teneur en eaux et masse volumique.
 - Analyse granulométrique.
 - Limites d'Atterberg.
 - Equivalent de sable.
 - Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).
 - Teneur en carbonate de calcium
- ❖ Les essais mécaniques :
 - Essai C.B.R (California Bearing Ratio).
 - Essai Proctor
 - Essai Los Angeles
 - Essai Micro Deval

*Les essais d'identification :

a) Masse volumique et teneur en eau :

Teneur en eau: exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit:

$$\omega = W_w / W_s$$

Masse volumique: (γ) est la masse d'un volume unité de sol:

$$\gamma = W/V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche:

$$\gamma_d = W_s/V$$

Principe de l'essai: on utilise le principe de la poussée d'Archimède.

En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

But de l'essai: le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

Domaine d'utilisation: cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

b) Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 μm) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe appelée courbe granulométrique cette analyse se fait en générale par des tamisages.

c) Équivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu particules fines, les limites d'Atterberg ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé équivalent de sable.

Principe de l'essai : l'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

But de l'essai : cet essai permet de mettre en victoire la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton.

Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

Cet essai révèle très intéressant au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité.

Domaine d'application: cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants:

- Classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des soles utilisable en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilises en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobes hydrocarbonés.

Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p), caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité. Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

Limite de liquidité (W_L), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide:

$$W_L = \omega (N/25)^1$$

Avec :

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups.

N : nombre de coups.

L'indice de plasticité (IP): $I_p = W_L - W_P$

Principe de l'essai: la détermination de W_L et W_P nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permette de le classé grâce à L'abaque de plasticité de casa grand.

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).

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).

Les 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 afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum Proctor ».

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

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 10 c/c ; 25 c/c ; 55 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

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 appelée « Los Angeles »

d) Essai Micro Deval :

L'essai micro-Deval permet de mesurer la résistance à l'usure des roches. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

L'essai consiste à mesurer l'usure des granulats produite par frottements réciproque dans un cylindre en rotation dans des conditions bien définies. La granularité du matériau soumise à l'essai est choisie parmi les classes granulaires : 4-6.3mm, 6.3-10mm, 10-14mm et 25-50mm.

Si (M) est la masse du matériau soumis à l'essai, (m) est la masse des éléments inférieure à 1.6 mm produits au cours de l'essai, la résistance à l'usure s'exprime par la quantité : $100 \frac{m}{M}$

Par définition, cette quantité sans dimension, est appelée, suivant la méthode employée :

- coefficient micro-Deval sec du granulat (MDS)
- coefficient micro-Deval en présence d'eau du granulat (MDE)

*** Les essais chimiques :**

a) Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argiles, la quantité de bleu adsorbée par **100 gramme** de sol s'appelle Valeur au **Bleu du Sol** et est notée **VBS**, la VBS reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (**0/d**) avec **d ≤ 10 mm** et à ajouter à cette suspension des doses successives **de 5 ml** d'une solution de bleu de méthylène jusqu' à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, L'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur **VBS** est alors calculée à l'aide de la relation :

$$VBS = \frac{X}{P} \times C \times 100$$

Avec :

X : La masse de bleu introduit

P : Masse sèche de la prise d'essai (100g)

C : Proportion de la prise d'essai dans le (0/50) mm

b) Teneur en carbonate de calcium:

La teneur en carbonate de calcium CaCO_3 d'un sol est déterminée par attaque à l'acide chlorhydrique d'une certaine quantité de sol sec. La mesure de la quantité de gaz carbonique dégagé permet de calculer la masse de carbonate de calcium dissoute et donc la teneur en carbonates de calcium du sol $C \text{ CaCO}_3$, exprimée en pourcentage de la masse de la phase solide du sol.

Les sols fins contenant du carbonate de calcium peuvent être désignés comme indiqué dans le tableau suivant, en complément de leur classification géotechnique.

4-2 Les différents essais in situ :

*** Les essais de plaque :**

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z, le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a et les caractéristiques du massif E2, Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5 \text{ CBR}$.

Les essais pénétrométrique :*a) Pénétrromètre statique :**

L'essai de pénétration statique consiste à foncer de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur.

b) Pénétrromètre dynamique :

L'essai de pénétration dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage un train de tubes lisses muni à son extrémité d'une pointe, ou d'un carottier, à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée.

5- CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

- a) Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.
- ❖ On évite les sols à forte teneur en argile.

b) Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

c) Les matériaux des remblais seront étalés par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant leurs compactages. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

6- DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE DE SITE :

La stratigraphie des puits effectués dans le terrain réservé pour la réalisation de la rocade côtière dans la Wilaya de Tlemcen, montre une certaine hétérogénéité elle est représenté dans la majorité par des argiles, argiles limoneux, des marnes et des tufs rosât.

Le L.T.P.O, a creusé plusieurs puits à ciel ouvert sur le bord des chaussées existantes et sur le tracé pour les sections à projeter d'une profondeur avoisinante 1.50m avec une cadence d'un puits tout les 1000 ml.

Les résultats des différents essais sur les puits sont suivants :

Tableau 4-1 : Résultats d'essais géotechniques

Designations	Puit 01	Puit 02	Puit 03	Puit 04	Puit 05
Profondeur (m)	0,3à 1,5	0,4 à 1,8	0,3 à 1,5	0,3 à 1,2	0,8 à 1,6
<u>Granulométrie</u>					
Tamisât à 2 mm (%)	94	87	98	62	68
Tamisât à 0.08 mm (%)	92	73	76	52	62
<u>Limited'Atterberg</u>					
IP (%)	18	17	12	10	14
WL (%)	36	37	31	28	31
<u>Chimie</u>					
Teneur en carbonate (%)	1	30	25	42	33
Bleu de méthylène VBS	2.56	1.82	1.65	0.7	1.04
<u>Proctor modifie</u>					
Densité sèche maximale (t/m3)	2.15	1.95	2.08	2.07	2.06
Teneur en eau optimal (%)	8	12	10	10	10
<u>CBR Imbibé à 4jours</u>					
Indice CBR à 95% de l'OPM	11.7	10.3	15.2	23	12.3
Indice CBR à 98% de l'OPM	17.7	13.5	20.4	32.2	16.5

Tableau 4-2 : Résultats d'essais géotechniques

Designations	Puit 06	Puit 07	Puit 08	Puit 09	Puit 10
Profondeur (m)	0,8à 1,4	0,6 à 1,4	0,5 à 1,3	0,45 à 1,2	0,6 à 1,6
<u>Granulométrie</u>					
Tamisât à 2 mm (%)	69	91	84	88	75
Tamisât à 0.08 mm (%)	46	82	67	72	39
<u>Limited'Atterberg</u>					
IP (%)	27	15	17	12	15
WL (%)	50	36	36	29	31
<u>Chimie</u>					
Teneur en carbonate (%)	7	59	33	84	34
Bleu de méthylène VBS	3.2	2.24	1.37	1.99	1.08
<u>Proctor modifie</u>					
Densité sèche maximale (t/m3)	2.02	1.90	1.95	2.03	2.06
Teneur en eau optimal (%)	12	14	14	10	10
<u>CBR Imbibé à 4jours</u>					
Indice CBR à 95% de l'OPM	5.3	12.4	8.9	17.4	11
Indice CBR à 98% de l'OPM	7.3	16.5	12.3	25	15.3

7- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE :

- ❖ L'analyse granulométrique montre un pourcentage des passants au tamis 0.08mm compris entre 58% et 92% et un pourcentage des passants au tamis de 2mm variant entre 69% et 99%. Ces valeurs montrent que les échantillons testent correspondant à un sol sableux riche en fines.
- ❖ Les limites d'Atterberg ont donné des valeurs de limite de liquidité 'WL' variante entre 24% et 51% et des indices de plasticité 'Ip' compris entre 10% et 27%. Ces résultats montrent que les matériaux des sols testés sont moyennement plastiques.
- ❖ La densité sèche obtenue γ_d varie entre 1.71 et 2.15 (t/m^3) et une densité humide entre 2.01 et 2.32 (t/m^3), ces valeurs montrent que le sol présente une compacité moyenne.
- ❖ La valeur de bleu (VBS) varie entre 0.33 et 3.2 ces valeurs montrent que le sol est limoneux-argileux.

Dimensionnement du corps de chaussée :

1- INTRODUCTION :

Les qualités que doit présenter, une chaussée moderne sont très nombreuses, les plus importantes pour l'utilisateur sont : la sécurité et le confort.

La sécurité est assurée si le conducteur est en mesure de freiner à tout instant.

Le confort sera parfait, si le profil de la chaussée est exempt de toute irrégularité ; qui risquerait d'engendrer des oscillations verticales incommodes à la carrosserie ou à des roues.

La chaussée sera durable, si sous l'effet du trafic, freinage et en virage restent possibles dans les mêmes conditions durant de nombreuses années.

La qualité de la construction de chaussées joue un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

2- LA CHAUSSEE :

Définitions :

- **Au sens géométrique:** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel:** c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

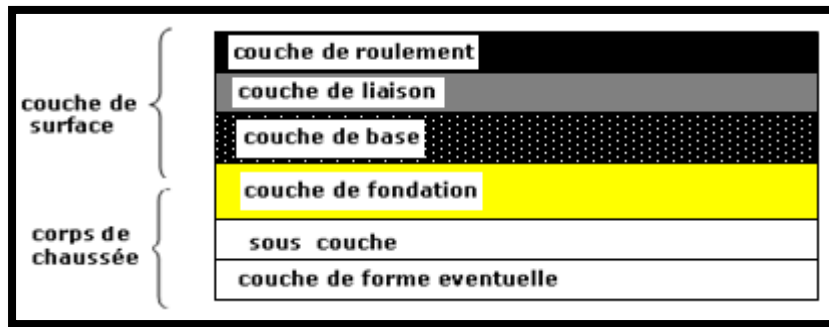
2-1 LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE :

Il existe trois types de chaussée:

- Chaussée souple.
- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide.

***Chaussée souple :**

La chaussée souple est constituée par un empilage des matériaux granulaires recouverts d'un revêtement plus ou moins épais à base de bitume généralement elle est caractérisée par une grande flexibilité et une diffusion localisée des charges.

Figure 4-1 : Schéma théorique de la structure du corps de chaussée***Chaussée semi –rigide :**

Une chaussée semi-rigide est une chaussée avec une couche de surface en béton bitumineux reposant sur une couche de base en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques et d'une couche de fondation granulaire.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

***Chaussée rigide :**

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la Couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

3- FACTEURS A CONSIDERER DANS LE DIMENSIONNEMENT:**3-1 Trafic :**

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres:

- Le TJMA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic «poids lourd» comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

***Trafic à la mise en service :**

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de PL > 5t.

Tableau 4-3 : Classification des trafics

Classe de trafic	T ₅	T ₄	T ₃		T ₂		T ₁		T ₀		
			T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ ⁻	T ₂ ⁺	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀ ⁻	T ₀ ⁺	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

***Trafic cumulé équivalent (NE) :**

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante:

$$NE = N \times CAM$$

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes.

N: est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de P années,

$$N = 365 \times MJA \times C$$

C: étant le facteur de cumul sur la période de calcul, telle que:

$$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Avec:

P: durée de vie.

τ : Taux de croissance de trafic.

CAM: est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence.

$$NE = 365 \times MJA \times CAM \times [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Tableau 4-4 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd

Classe de trafic	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	Au-delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si e < 20cm
					1.0 si e > 20cm

3-2 Le climat et l'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations.

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai.

3-3 Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR.

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

Tableau 4-5 : L'importance de sol en fonction de l'indice de CBR

portance	1	2	3	4
CBR	<3	3à6	6à10	10à20

3-4 Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL.

4- LES PRINCIPALES MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT :

4-1 Method 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.

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

Avec:

E_{eq} : épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

$$N = T_H \times \%PL$$

T_H : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

T_0 : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$E_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

$c_1 \times e_1$: couche de roulement.

$c_2 \times e_2$: couche de base.

$c_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau 4-6 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	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 ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.6

4-2 Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA». Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20^{ème} année T_j.
- Les caractéristiques de sol (S_j).

Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (T_{PLi}) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Tableau 4-7 : La classe du trafic poids lourd

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₀	$T < 3.5 \cdot 10^5$
T ₁	$3.5 \cdot 10^5 < T < 7.3 \cdot 10^5$
T ₂	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T ₃	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T ₄	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T ₅	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365$$

Avec :

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n: durée de vie.

Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau 4-8 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

4-3 Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition.

4-4 Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression:

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+z)-1]$$

Avec:

T_{eq} = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de T_{eq} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

4-5 Méthode du catalogue des chaussées neuves CTTP :

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, environnement et zone climatique

Trafic :

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes).

Le réseau principal noté RP: il se compose de route reliant :

- Les chefs-lieux de wilaya.
- Les ports, les aéroports et les postes frontaliers.
- Les principales agglomérations et important zone industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux.

RP1 ($T > 1500V/J$) \Rightarrow RN, Autoroute, CW.

RP2 ($T < 1500V/J$) \Rightarrow RN, CW,....

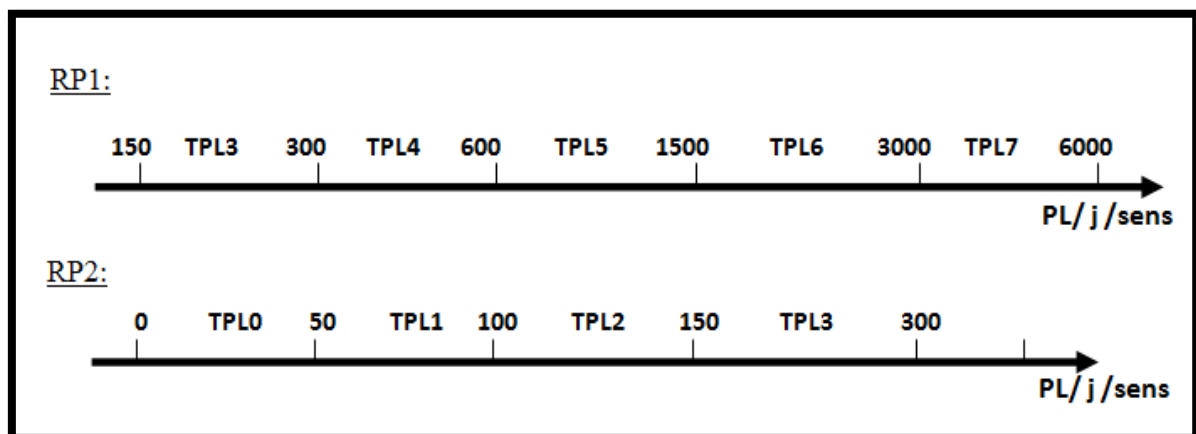
Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

Le réseau secondaire RS: Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

Détermination de la classe de trafic TPLi :

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service.

Figure 4-2 : Les niveaux de réseau principal



Détermination des classes de portance de sols :

Le tableau 8-6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S4 à S0.

Détermination des classes de portance de sols support :

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR.}$$

Tableau 4-9 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion

CLASSE	S3	S2	S1	S0
E (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj).

Tableau 4-10 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériau NT	50cm(en 2c)	S3
S4	Matériau NT	35cm	S3
S4	Matériau NT	60cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70cm(en 2c)	S2

Les zones climatiques :

Tableau 4-11 : Les zones climatiques de l'Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	sud

5- APPLICATION AU PROJET

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on utilise les méthodes:

- La méthode dite CBR.
- La méthode de catalogue des structures SETRA.
- La méthode du catalogue des chaussées neuves CTTTP.

5-1 Méthode CBR :

On a : $I_{CBR} = 9.5$ ce sol appartient à la classe (S3)

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe « e1 », « e2 » et on calcule « e3 » généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 - 8 cm.

GB = 8 - 15 cm.

GC = 15 - 25 cm.

TVO = 20cm et plus.

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

Avec :

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

Log : logarithme décimal.

Avec : Z = % PL = 25%, $\tau = 4\%$, $I_{CBR} = 9.5$, $TJMA_{2034} = 6164 v/j$

$N_{PL2034} = Z \times TJMA_{2034} \times (1/2) = 771 \text{ PL/j/sens}$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{771}{10})}{9.5 + 5} = 37 \text{ cm}$$

On a : $E_{\text{éq}} = c_1 \times e_1 \times c_2 \times e_2 \times c_3 \times e_3$

e_1 : épaisseur réelle de la couche de surface.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

C_1, C_2, C_3 : Coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1, e_2 et e_3 .

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs e_1, e_2 et on calcule l'épaisseur e_3 :

$e_1 = 6\text{cm}$ en béton bitumineux (BB) $C_1 = 2.0$

$e_2 = 10\text{cm}$ en grave bitume (GB) $C_2 = 1.2$

$e_3 =$ épaisseur en grave concassé (GC) $C_3 = 1$

$E_{eq} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3$

$$e_3 = \frac{E_{eq} - (C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2)}{C_3} \Rightarrow e_3 = \frac{37 - (2 \times 6 + 1.2 \times 10)}{1}$$

$e_3 = 13\text{cm}$

Donc la structure proposée est : **6BB + 10GB + 13GC + 40 Tuf**

Figure 4-3: Récapitulatif des résultats de la méthode CBR

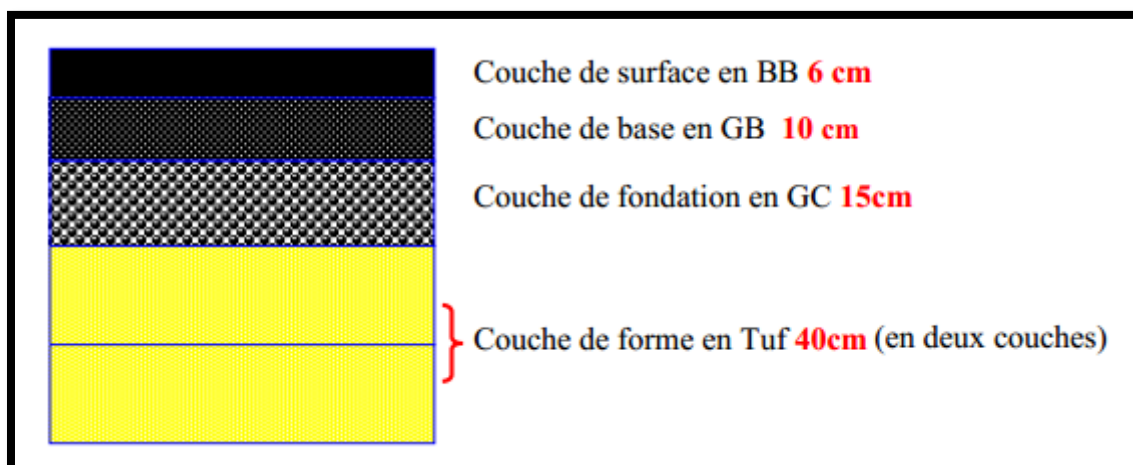


Tableau 4-12 : Récapitulatif des résultats.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Epaisseur équivalente (cm)
BB	6	2	12
GB	10	1.2	12
GC	13	1	13
TOTAL	29		37

5-2 Méthode de catalogue des structures «SETRA»

Le calcul du trafic poids lourds à l'année de mise en service:

$$TJMA_{2014}=2813v/j \Rightarrow TPL_{2014}=(2813 \times 0.25)/2=352PL/J/sens.$$

$$TPL_{2034}=352 \times (1 + 0.04)^{20} = 772 PL/j/sens.$$

$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \Rightarrow T_c = 772 \left[1 + \frac{(1 + 0.04)^{20+1} - 1}{0.04} \right] 365$$

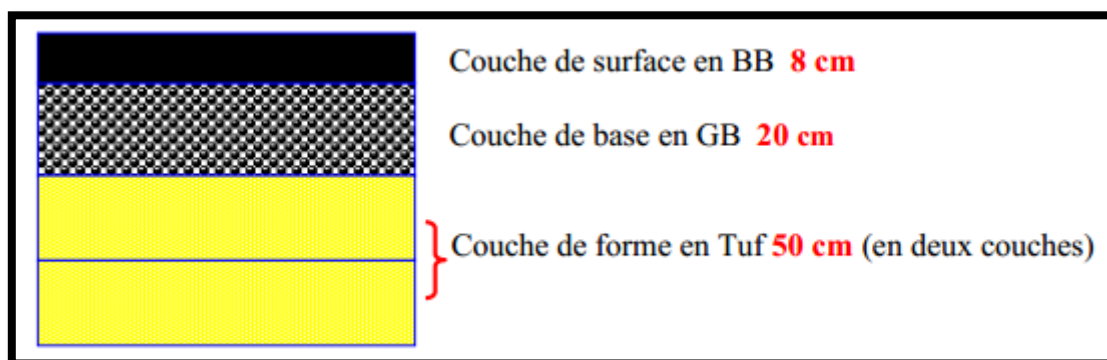
$$T_c = 9.29 \times 10^6 PL/J/sens.$$

Selon les Tableaux 05 et 06, notre trafic est classé en T4 et le sol en S3.

Par conséquent d'après le règlement on obtient la structure suivante:

8BB + 20GB + 50 Tuf (en deux couches).

Figure 4-4: Récapitulatif des résultats de la méthode de SETRA

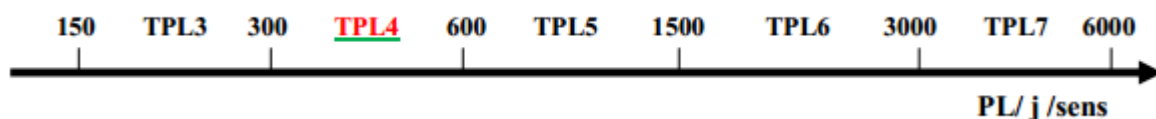


5-3 Méthode du catalogue des chaussées neuves CTTP

Détermination de la classe de trafic TPLi

$$TJMA_{2014}=2813v/j \Rightarrow T_{PL} = \frac{2813 \times 0.25}{2} = 352 PL/J/sens.$$

Classe TPLi pour RP1:



Pour RP1 : $600 < 352 < 600 \Rightarrow TPL4$.

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL4.

Classe de sol support

$E = K \cdot I_{CBR}$ avec $K = 5$ (le LCPC France)

$E = 5 \times 9.5 = 47.5 \text{MPa}$.

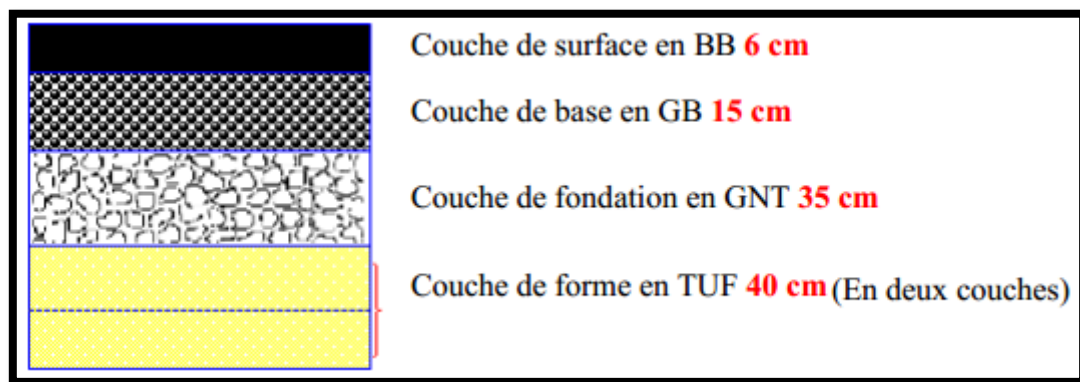
Selon les Tableau 06 et 07 notre sol est classé en S3.

La zone climatique :

Selon la carte climatique de l'Algérie, notre projet est situé dans la zone climatique II, et par conséquent d'après les fiches structures pour le RP1 on obtient la structure suivante :

6BB + 15GB + 35GNT + 40 TUF ou TVO (en deux couches).

Figure 4-5: Récapitulatif des résultats de la méthode des chaussées neuves

**6- CONCLUSION**

D'après le différent résultat, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

A savoir : **6BB + 10GB + 15GC** avec une couche de forme de 40cm de tuf.

Assainissement :

1- INTRODUCTION :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit:

***Pour les chaussées :**

- ❖ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- ❖ Dés enrobage.
- ❖ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- ❖ Décollement des bords (affouillement des flancs).

***Pour les talus :**

- ❖ Glissement.
- ❖ Erosion.
- ❖ Affouillements du pied de talus.

2- L'OBJECTIF D'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants:

- ❖ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- ❖ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ❖ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

3- TYPES DE CANALISATIONS :

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories:

- ❖ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- ❖ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot).

4- DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers la mer. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire par assemblage d'ouvrages élémentaires.

4-1 Estimation de débit d'apport Q_a :

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle:

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s) ; $K= 2.778$.

I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m^2).

Remarque importante :

D'après SETRA : la formule $Q_a = K \times C \times I_t \times A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

- Q_a en (m^3/s) valable pour : I_t en (mm/h) ; A en (km^2) ; $K= 0.2778$
- Q_a en (L/s) valable pour : I_t en (mm/h) ; A en (ha) ; $K= 2.778$

*Détermination de l'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^\beta \quad \text{Et: } \beta = b - 1 \quad \text{avec : } b=0,36$$

Avec:

I : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : temps de concentration (heure).

*L'intensité horaire I:

$$I = \left(\frac{P_j(\%)}{t} \right) \quad \text{Avec: } t = 24$$

*Temps de concentration t_c :

- Si $A < 5 \text{ km}^2$, selon VENTURA: $t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$
- Si $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$, selon GIANDOTTI: $t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$
- Si $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$, selon PASSINI: $t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A}) + (1,5 \times L)}{(0,8 \sqrt{H})}$

Avec:

A : Superficie du bassin versant (km^2).

P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

L : Longueur de bassin versant (km).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

4-2 Pluie journalière maximale annuelle P_j :

Pluie journalière maximale annuelle P_j est donné par la formule de GALTON.

$$P_j(\%) = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

Avec:

$P_{j\text{moy}}$: pluie moyenne journalier.

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant:

Tableau 4-13 : Variation de Gauss

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (μ)	0	0.84	1.28	1.64	2.05	2.3

- ❖ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ❖ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ❖ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

***Coefficient de ruissellement :**

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après:

Tableau 4-14 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeurs prise
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.35
Talus, sol perméable	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

4-3 Débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

Avec:

Q_s : Le débit de saturation.

S_m : section mouillée.

K_{ST} : coefficient de STRICKLER.

J: la pente moyenne de l'ouvrage.

R_H : Rayon hydraulique (m) $R_h = \frac{S_m}{P_m}$

Avec :

$$S_m = \frac{\pi R^2}{2} \quad , \quad P_m = \pi R \quad \Rightarrow \quad R_h = \frac{R}{2}$$

Tableau 4-15 : Coefficient de rugosité K_{ST}

Matériaux constructive de buses	Coefficient de rugosité K_{ST}
En terre	30
En métal	40
En maçonnerie	50
En béton ordinaire (dalots)	70
En béton préfabriqué (buses)	80

5- DIMENSIONNEMENT DES BUSES :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s .

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} ; Q_a = K \times C \times I_l \times A$$

$K_{st} = 80$ pour les buses en béton.

J: la pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_s = \frac{\pi \times R^2}{2} \times K_{st} \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \sqrt{J}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R = \left[\frac{Q_a \times 2\sqrt{2}}{\pi \times K_{st} \times \sqrt{J}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\varnothing = 2R$, cette diamètre est normalisé commercialement tel que : $\varnothing 300, \varnothing 400, \varnothing 500, \varnothing 800, \varnothing 1000$...etc

Pour le dimensionnement des buses on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors $t_c = 0.25h$, et une période de retour de 10 ans.

Tableau 4-16 : Intensité – Durée - Fréquence

Période	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
4 ans	38.29	27.2	9.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10 ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50 ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100 ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau « Intensité-Durée-Fréquence ». On a obtenu une intensité $I_t = 54.81 \text{ mm/h}$.

6- DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support.

Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous.

On fixe la base de la fosse à ($b = 50 \text{ cm}$) et la pente du talus à ($p = 1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

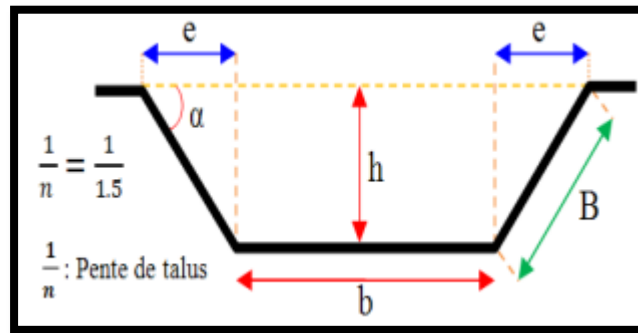


Figure 4-6 : Fossés

6-1 Calcul de la surface mouillée:

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left(\frac{e \times h}{2} \right) \quad \tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où: } e = n \times h$$

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$$

$$S_m = h \times [b + (n \times h)]$$

6-2 Calcul du périmètre mouillé:

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$P_m = b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}$$

6-3 Calcul le rayon hydraulique:

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant:

$$Q_a = Q_s \longrightarrow K \times C \times I_t \times A = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$Q_a = K_{ST} \times h \times [b + (n \times h)] \times \left[\frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

7- APPLICATION AU PROJET :

7-1 Données hydrauliques :

La zone de notre projet présente un climat méditerranéen avec une pluviométrie moyenne de l'ordre de 350 à 400 mm /an et de 500mm/an les meilleures années. La période la plus arrosée s'étale de Novembre à Avril avec 80% des précipitations totales et 48 jours de pluies.

La ligne de partage des eaux se situe dans la partie Sud de la commune de Honaine.

Les bassins versants de la région ont dans leur totalité la mer pour exutoire.

Les données nécessaires aux calculs concernent sont :

- Pluie moyenne journalière de 24h : $P_{24} = P_{j_{moy}} = 56\text{mm}$.
- Expositant climatique $b = 0.36$
- Le coefficient de variation climatique $C_v = 0,37$

7-2 Calcul hydraulique :

***Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :**

$$P_j = \left[\frac{P_{j_{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(u \times \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

Pendant 10ans: (les buses)

$u = 1.28$, $C_v = 0.37$, $P_{j_{moy}} = 56\text{mm}$.

$$P_j(10\%) = \left[\frac{56}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(1,28 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(10\%) = 83.07 \text{ mm}$$

***L'intensité horaire I :**

$$I = \left(\frac{P_j}{24} \right)$$

Pour: $P_j(10\%) = 83.07 \text{ mm}$.

$$I(10\%) = \left(\frac{83.07}{24} \right) = 3.46 \text{ mm/h}$$

***Calcul de la surface du bassin versant :**

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

- $A_C = 7 \times 150 \cdot 10^{-4} = 0,105 \text{ ha}$ (Surface de chaussée).
- $A_A = 1.5 \times 150 \cdot 10^{-4} = 0,0225 \text{ ha}$ (Surface d'accotement).
- $A_t = 31.7435 \text{ ha}$ (Surface de talus)
- $A_{\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0.105 + 0.0225 + 31.7435 = 31.871 \text{ ha}$

7-3 Dimensionnement des buses :

*Calcul des débits d'apport:

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

➤ Le débit apporté par la chaussée :

$$K = 2.778 ; C = 0.95 ; I_t = 54.81 \text{ mm/h} ; A_c = 0.105 \text{ ha}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,95 \times 54.81 \times 0,105 = 15.19 \text{ L/s}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.01519 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par l'accotement :

$$K = 2.778 ; C = 0.4 ; I_t = 54.81 \text{ mm/h} ; A_A = 0.0225 \text{ ha.}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.4 \times 54.81 \times 0.0225 = 1.3703 \text{ L/s}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 0.00137 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par le talus :

$$C = 0,3, I_t = 54.81 \text{ mm/h} , A_t = 31.871 \text{ ha.}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 54.81 \times 31.871 = 1455 \text{ L/s}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 1.455 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0.01519 + 0.00137 + 1.455$$

$$Q_a = 1.471 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Calcul du diamètre de la buse \emptyset :

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} = Q_a$$

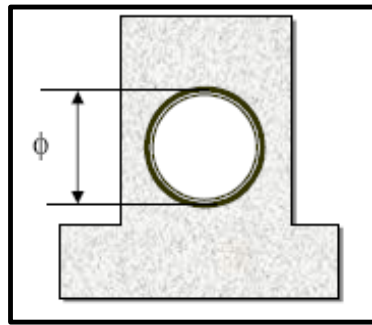
$$\text{On a: } J = 2.5\%, R_h = \frac{R}{2}, S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2, K_{ST} = 80$$

$$Q_s = Q_a \rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.025)^{1/2} = 1.471 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R = (1.466 \times 2 \times 21/2/3.14 \times 80 \times (0.025)^{1/2})^{3/8} = 429.43 \text{ mm}$$

On prend $R = 500 \text{ mm}$.

Le débit est assuré pour un diamètre $\emptyset = 2R = 1000 \text{ mm}$.

Figure 4-7 : Vue de face d'une buse de diamètre $\varnothing = 1000$ mm**7-4 Dimensionnement des fossés :**

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre **n** et on fait varier **b** et **h**. on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

$$Q_s \geq Q_a$$

A partir des résultats obtenus précédemment :

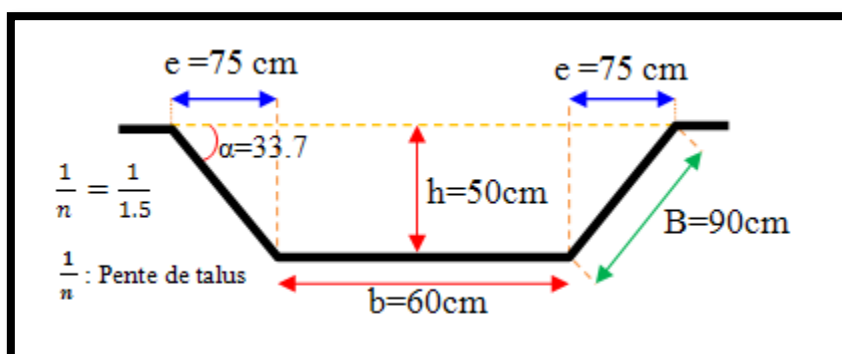
$$Q_a = K_{ST} \times h \times [b + (n \times h)] \times \left[\frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$K_{ST} = 30; b = 0.6\text{m}; h = 0.5\text{m}; n = 1.5; J = 3 \%$$

$$Q_s = 30 \times 0.5 \times [0.6 + (1.5 \times 0.5)] \times \left[\frac{0.5 \times [0.6 + (1.5 \times 0.5)]}{0.6 + 2 \times 0.5 \times \sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3} \times 0.03^{1/2}$$

$$Q_s = 1.504 \text{m}^3/\text{s} \text{ Ce débit est sensiblement supérieur à } Q_a = 1.471 \text{m}^3/\text{s}$$

Donc les dimensions retenues du fossé sont : $b = 60\text{cm}$ et $h = 50\text{cm}$.

Figure 4-8 : Résultat de dimensionnement du fossé

8- CONCLUSION :

Les résultats de calcul donnent des buses de diamètres variante entre 600mm et 1000mm, et pour notre projet on prend des buses de 1000mm de diamètre pour faciliter l'opération de curage.

Pour assainir la partie existante, les ouvrages qui sont bien dimensionnés seront maintenus et prolongés du côté de la partie d'élargissement.

Pour les ouvrages sous dimensionnés, on doit les changer par des nouveaux.

Pour les ouvrages sur dimensionnés, on va les maintenir et prolonger car le sur dimensionnement permet à l'ouvrage de fonctionner sous saturation.

Aménagement des carrefours :

1- INTRODUCTION :

Les carrefours représentent une partie importante d'une route, la fluidité, la sécurité, et l'intégration aux sites sont les buts recherchés les règles essentielles de conception sont : la lisibilité, la visibilité, la capacité la sécurité et enfin l'esthétique.

1-1 Définition :

Le carrefour est l'aire de rencontre ou de croisement de deux ou plusieurs routes au même niveau. Il comprend la chaussée et tous les aménagements en bordure qui assurent l'écoulement et la fluidité de la circulation des véhicules et des piétons à cet endroit.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

2- CHOIX DE L'AMENAGEMENT :

Le choix du type d'aménagement se fait en fonction de multiples critères :

- ❖ L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- ❖ L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- ❖ Objectifs de fonctionnement privilégié pour un type d'utilisateur.
- ❖ Objectifs de la capacité choisis.
- ❖ Objectifs de sécurité

3- LES PRINCIPAUX TYPES DE CARREFOUR:

Les types les plus courants sont suivant le nombre de branches :

- ❖ les carrefours en T
- ❖ les carrefours en Y
- ❖ les carrefours en croix
- ❖ les carrefours en giratoire

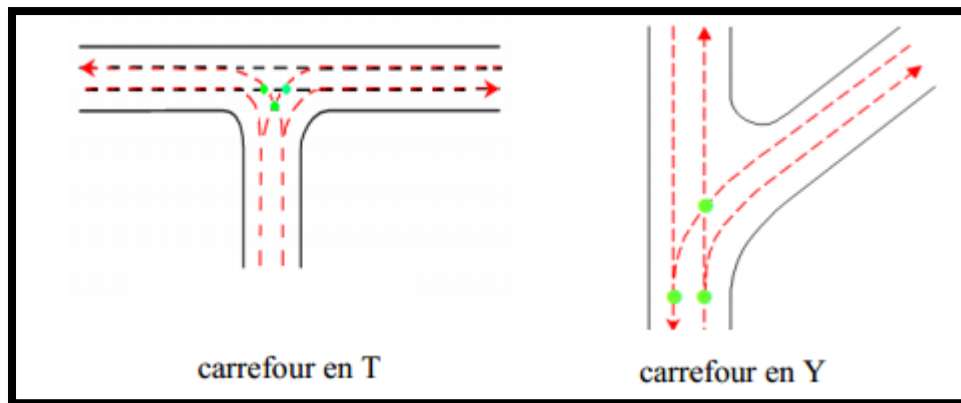
3-1 Carrefour à trois branches :

3-1-1 Carrefour en T:

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

3-1-2 Carrefour en Y :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

Figure 4-9 : Carrefour à trois branches**3-2 Carrefour à quatre branches :****3-2-1 Carrefour en croix :**

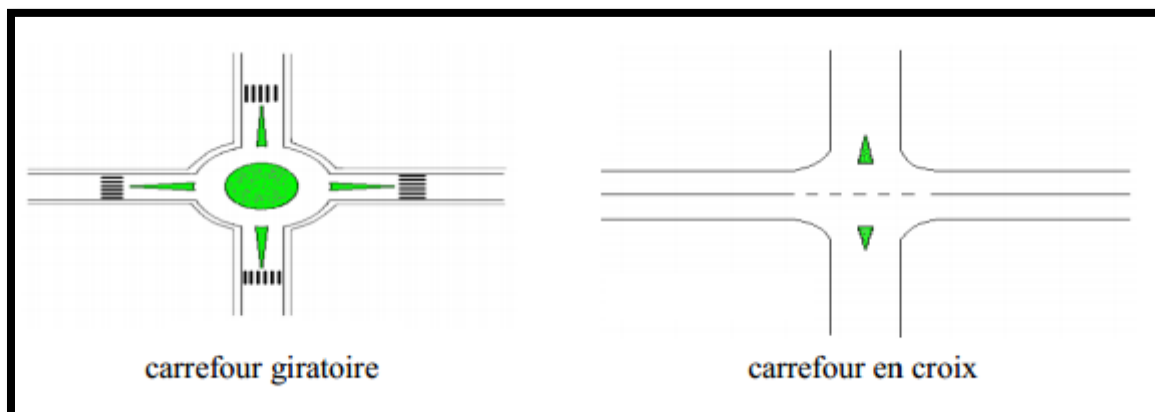
C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

3-2-2 Carrefour giratoire :

Un carrefour giratoire est l'aménagement d'une voie circulaire à sens unique vers laquelle convergent un certain nombre de routes d'entrée et où toute la circulation suit une même direction en tournant autour d'un îlot central, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre ou en sens contraire selon que la conduite.

Un carrefour giratoire, comporte au moins trois branches raccordées entre elles au moyen d'une chaussée continue à sens unique, généralement de forme circulaire.

Les giratoires sont généralement moins coûteux que les intersections à niveau mais il requiert une grande surface de terrain et un îlot central de grandes dimensions. En plus, ils se prêtent mal à la circulation des piétons ou la priorité est à gauche.

Figure 4-10 : Carrefour à quatre branches

3-2-2-1 Avantages et inconvénients du carrefour giratoire :**❖ Les avantages :**

- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.
- Modération de la vitesse.
- Amélioration de la sécurité.
- Accroissement de la capacité.
- Diminution des nuisances
- Faciliter d'insertion d'un grand nombre de branches.
- Économie de régulation et d'exploitation.

❖ Les inconvénients :

- Consommation d'emprise importante.
- Entretien de l'îlot central.
- Transport public non prioritaire.
- Absence de prise en charge correcte des piétons.
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité).

3-3 Carrefour à branches multiples :

Un carrefour à branches multiples est un carrefour à cinq branches ou plus.

4- DONNEES POUR L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- ❖ La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans la future.
- ❖ Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- ❖ Le respect de l'homogénéité de tracé.
- ❖ La surface neutralisée par l'aménagement.
- ❖ Les conditions topographiques et la visibilité.
- ❖ La composition des trafics.
- ❖ La vitesse d'approche à vide (V0) sur les différentes voies.
- ❖ Renseignements sur les accédants qui ce sont produit au carrefour dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.

5- PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENTS D'UN CARREFOUR :

L'aménagement des carrefours a pour objet d'accroître la sécurité, confort et la commodité.

Il doit s'inspirer des principes suivants :

- ❖ La vitesse des véhicules doit être limitée en fonction de la visibilité.
- ❖ Evité qu'un véhicule puisse entrer en conflit en même point, avec plusieurs courants de circulation défiants.
- ❖ Les cisaillements doivent se produire sous un angle voisin de 90°, contrairement à la convergence ou la divergence de deux courants qui doit se faire tangentiellement.
- ❖ Crier des zones de l'abri et de stockage pour que les véhicules puissent préparer leur manœuvre.
- ❖ Le dessin des couloirs et des îlots doit être fait de façon à rendre aisées les déverses manœuvre permise et difficile les déverses manœuvre indésirable.
- ❖ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- ❖ Regrouper les points d'accès à la route principale.
- ❖ Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- ❖ Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- ❖ Éviter si possible les carrefours à feux tricolores.

6- LA VISIBILITE :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- ❖ Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- ❖ Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

6-1 Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- ❖ Le point de conflit
- ❖ Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

6-2 Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les vois de circulation.

6-2-1 Ilot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1m.

6-2-2 Ilot séparateur :

Les éléments principaux de dimensionnement sont :

- ❖ Décalage entre la tête d'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- ❖ Décalage d'îlot séparateur a gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.
- ❖ Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5m à 1m.
- ❖ Longueur de l'îlot : 15m à 30m.

Tableau 4-17 : Vitesse d'approche à vide V_0

Environnement	E1		E2		E3	
	Sur un alignement	Près d'un point parti.	Sur un alignement	Près d'un point parti.	Sur un alignement	Près d'un point parti.
Cat. 1-2	120	100	100	80	80	60
Cat. 3	110	90	90	80	80	60
Cat. 4	100	80	80	60	60	60
Cat. 5	80	60	60	60	60	60

Tableau 4 -18 : Distance de visibilité des véhicules prioritaires et non prioritaires : cas de la priorité à droite

Vitesse d'approche à vide V_p (km/h)	Vitesse d'approche V_{np} (km/h)	60	80	90	100	110	120
		d_{np} (m)	70	110	130	160	190
60	Distance de visibilité sur voie prioritaire d_p (m)	70	80	90	100	105	120
80		95	110	120	130	140	155
90		105	120	130	145	160	175
100		120	135	145	160	175	195
110		130	150	160	175	190	210
120		140	160	175	195	210	235

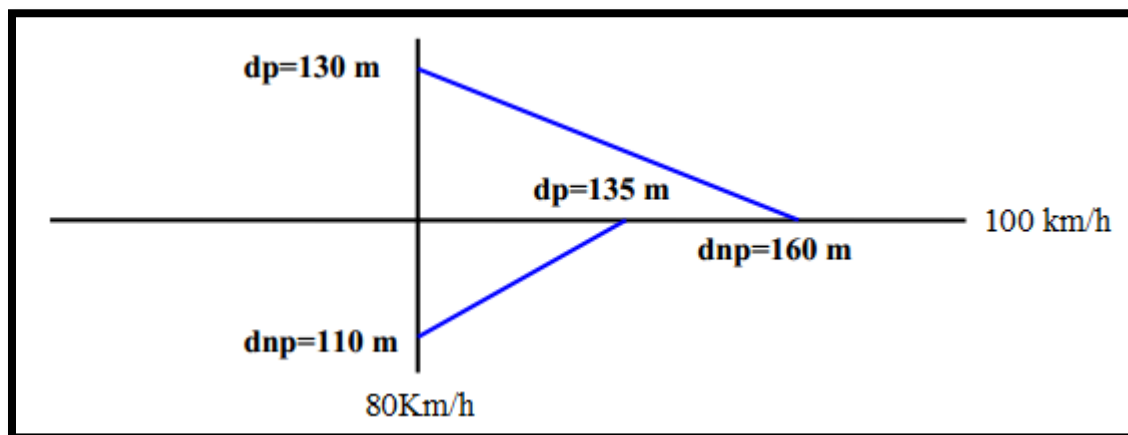
Tableau 4-19 : Distance de visibilité des véhicules non prioritaires : cas de balise B1 (cédez le passage) ou signal de STOP B2

Type de route	Manœuvre véhicule non prioritaire		Vitesse d'approche à vide V_p (km/h) (Vitesse de la manœuvre V_p')					
			60 (45)	80 (60)	90 (67)	100 (75)	110 (80)	120 (85)
2 voies	Traversée	V.L	100	130	150	165	180	200
		P.L (1)	130	175	200	220	245	265
	Tourne à gauche		110	175	215	260	310	350
3 voies	Traversée	V.L	115	155	175	195	215	235
		P.L (1)	150	200	225	250	275	300
	Tourne à gauche		115	180	220	265	315	355
4 voies	Traversée	V.L	135	175	200	220	245	265
		P.L (1)	165	220	250	275	305	335
	Tourne à gauche		120	185	225	270	320	360
4 voies avec îlot <5m	Traversée	V.L	150	200	225	250	275	300
		P.L (1)	180	240	275	305	335	365
	Tourne à gauche		125	190	230	275	325	365
Toutes routes	Tourne à droite		100	165	205	250	300	340

(1) Plus de 10 traversées P.L/jour

7- APPLICATION AU PROJET :

Notre projet est classé en catégorie C1 et l'environnement E2 avec une vitesse de base $V_B = 80\text{Km/h}$, une distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt $a = 2.5\text{m}$. Et une vitesse d'approche $V_0 = 100\text{ km/h}$.

7-1 Dessin de triangle de visibilité :**7-1-1 Priorité à droite :****Figure 4-11** : Diagramme de visibilité –priorité à droite

7-2-2 Cédez le passage ou signale de stop :

Figure 4-12 : Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de STOP

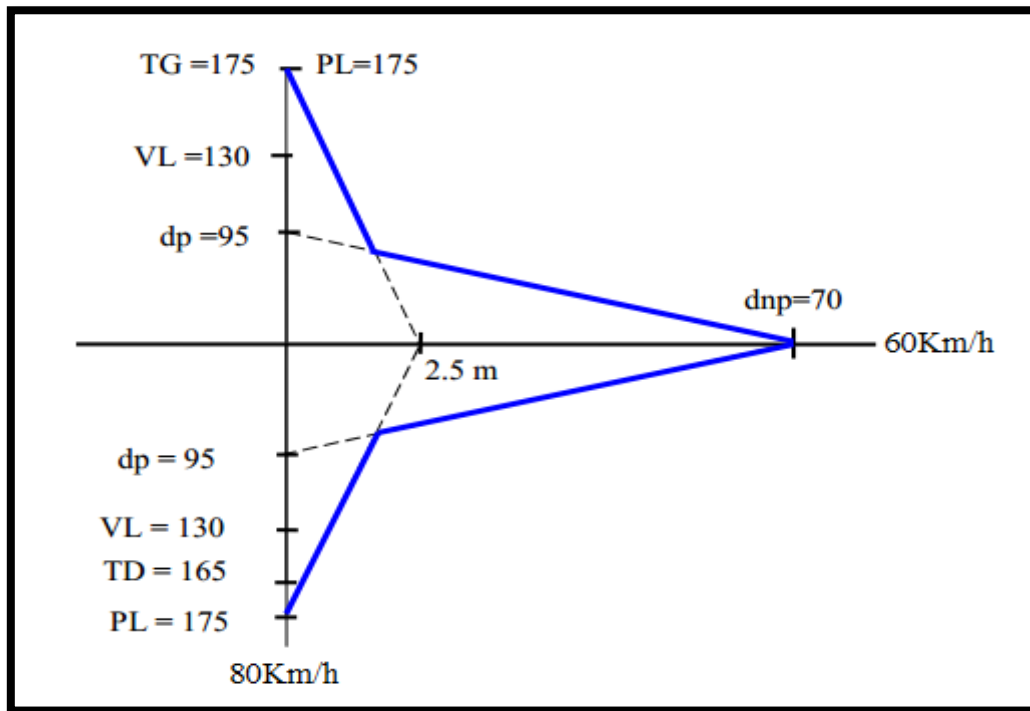
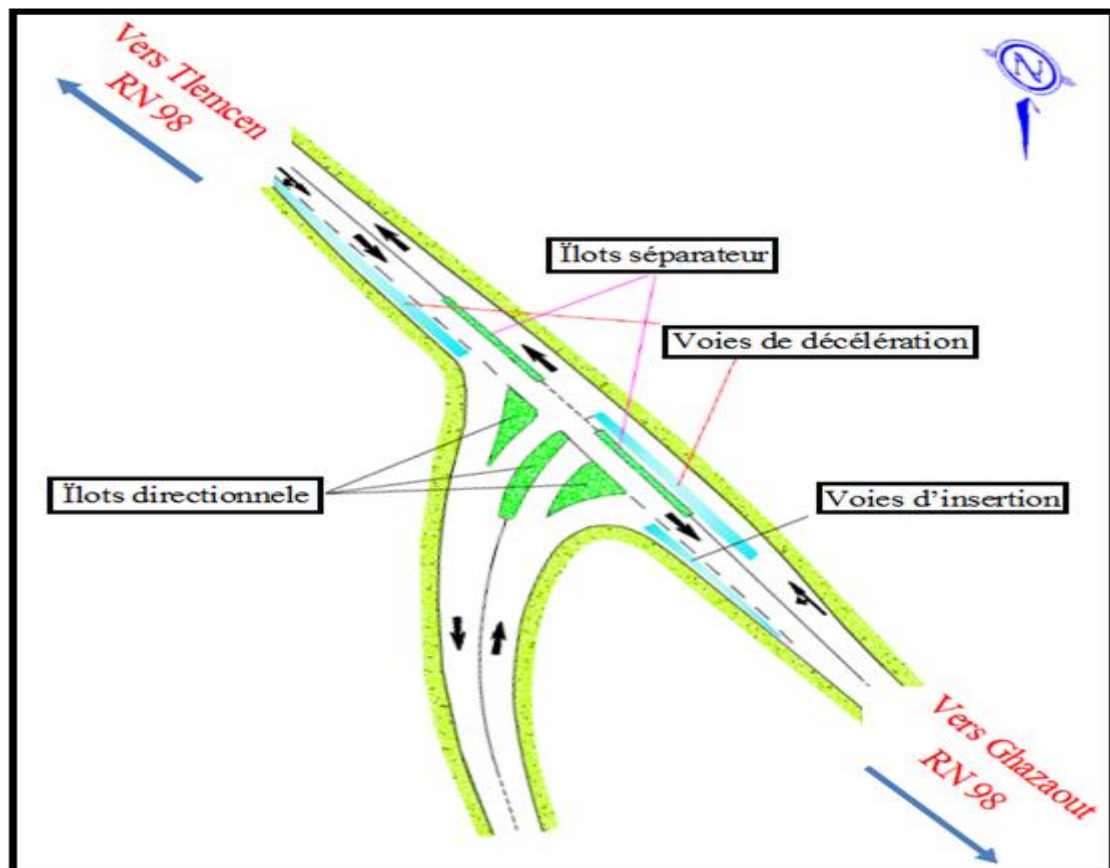


Figure 4-13 : Carrefour en Y (PK 55 + 500)



Signalisation :

1- INTRODUCTION :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

Les équipements de signalisation et de sécurité routière constituent un langage visuel destiné à sécuriser et faciliter la tâche des conducteurs grâce à l'instauration d'une véritable communication codifiée entre l'utilisateur et la route.

2- L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet :

- ❖ De rendre plus sûre la circulation routière.
- ❖ De faciliter cette circulation.
- ❖ D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- ❖ De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3- CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS :

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- ❖ Cohérence avec les règles de signalisations.
- ❖ Respecter les règles d'implantation et de pose.
- ❖ Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- ❖ Éviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- ❖ Éviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance détruit l'efficacité.

4- PRINCIPES DE BASE DE LA SIGNALISATION :

Dans la conception et l'implantation de la signalisation routière, on ne doit jamais perdre de vue les conditions de sa perception par l'utilisateur qui se déplace souvent à grande vitesse et dont l'attention est sollicitée par les exigences de la conduite. Pour être utile, la signalisation doit être efficace, ce qui implique le respect des trois principes suivants :

4-1 Principe de valorisation :

L'inflation des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut donc en placer que s'ils sont jugés utiles.

4-2 Principe de concentration :

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps ou à peu près en même temps, on doit les implanter de façon que l'utilisateur puisse les percevoir d'un seul coup d'œil, de nuit comme de jour.

Il y a intérêt à grouper deux signaux sur un même support lorsque les deux indications se rapportant au même point se complètent l'une l'autre (par exemple passage à niveau et cassis, ou encore feux de circulation et passage de piétons).

Cette concentration trouve toutefois une limite dans le principe suivant.

4-3 Principe de lisibilité :

Il ne faut pas demander à l'automobiliste un effort de lecture ou de mémoire excessif.

On doit donc réduire et simplifier les indications au maximum et le cas échéant répartir les signaux sur plusieurs supports échelonnés.

Des expériences ont montré que l'observateur moyen ne peut d'un seul coup d'œil percevoir et comprendre plus de deux symboles. Pour les inscriptions, des indications sont données plus loin.

5- CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

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

Les différentes signalisations se répartissent en trois catégories :

5-1 Signaux d'avertissement de danger : (type A)**5-2 Signaux de réglementation :**

- ❖ Signaux de priorités (type B).
- ❖ Signaux d'interdiction ou de restriction (type C).
- ❖ Signaux d'obligation (type D).

5-3 Signaux d'indication :

- ❖ Signaux d'identification des routes (type E).
- ❖ Signaux de pré-signalisation (type E).
- ❖ Signaux de direction (type E).
- ❖ Signaux de localisation (type E).
- ❖ Signaux de confirmation (type E)
- Autre signaux donnons des indications utiles pour la conduite des véhicules (type E).
- Autre signaux indiquant des installations qui peuvent être utile pour les usagers de la route (type F).

6- LES PANONCEAUX :

Les panneaux additionnels désignés dans la présente instruction sous le nom de panonceaux sont destinés à donner aux usagers des indications complémentaires à celles du panneau qu'ils complètent. Ces indications peuvent préciser la portée du panneau. Ils ont la forme d'un rectangle ou d'un carré.

Le panonceau est utilisé chaque fois qu'il est nécessaire de donner une ou des informations supplémentaires à celles du panneau. Suivant la nature des informations, les panonceaux se répartissent en plusieurs catégories :

- Type M1 : Panonceau de distance
- Type M2 : Panonceau d'étendue
- Type M3 : Panonceau de position ou directionnel
- Type M4 : Panonceau de catégorie
- Type M5 : Panonceau relatif au STOP
- Type M6 : Panonceau complémentaire aux panneaux de stationnement et d'arrêt
- Type M7 : Panonceau schéma
- Type M8 : Panonceau d'application des prescriptions concernant le stationnement et l'arrêt
- Type M9 : Panonceau d'indications diverses
- Type M10 : Panonceaux d'identification
- Type M11 : Panonceaux signalant des dérogations ou des prescriptions

7- TYPES DE SIGNALISATION :**7-1 Signalisation verticale :**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. Elles peuvent être classées en quatre:

7-1-1 Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

7-1-2 Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- ❖ L'interdiction.
- ❖ L'obligation.
- ❖ La fin de prescription.

7-1-3 Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- ❖ Signaux d'indication.
- ❖ Signaux de direction.
- ❖ Signaux de localisation.
- ❖ Signaux divers.

7-1-4 Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

7-2 Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en trois types :

7-2-1 Catégorie de marques :**a) Lignes longitudinale :**

- Lignes continue : les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

- Lignes discontinues : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.
- ❖ Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- ❖ Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ❖ Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la longueur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

b) Marquage transversale :

- ❖ Ligne STOP : C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.
- ❖ Ligne cédez le passage :
- ❖ Ligne d'effet des signaux :

c) Autres marques :

❖ Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

❖ Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

❖ Passage pour piéton :

Forme rectangulaire de longueur $L = 2.50\text{m}$ pour $V \leq 60\text{Km/h}$ et $L = 4.00\text{m}$ pour $V \geq 60\text{Km/h}$ avec largeur de 0.5m et leur distance est de 0.5 à 0.8m

Passage pour cycliste :

signalé par deux lignes discontinues, formé de carrée blanche de 0.5m de côté séparé par des intervalles de 0.5 à 0.8m .

7-2-2 Caractéristiques générales des marques :

a) Couleur des marques :

Le blanc est la couleur utilisée pour les marques de chaussée. Pour certaines marques spéciales, on utilise d'autres couleurs dans les conditions des obstacles.

b) Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente suivant le type de route :

- u = 7,5 cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
- u = 6 cm sur les routes et voies urbaines dont le trafic dépasse 300 v/j
- u = 5 cm pour les autres routes.

c) Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau 4-20 : Modulation des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux Traits successifs (m)	Rapport pleins-vides
T ₁ T' ₁	3.00 1.50	10.00 5.00	≅ 1/3
T ₂ T' ₂	3.00 0.50	3.50 0.50	≅ 1
T ₃ T' ₃	3.00 20.00	1.33 6.00	≅ 3

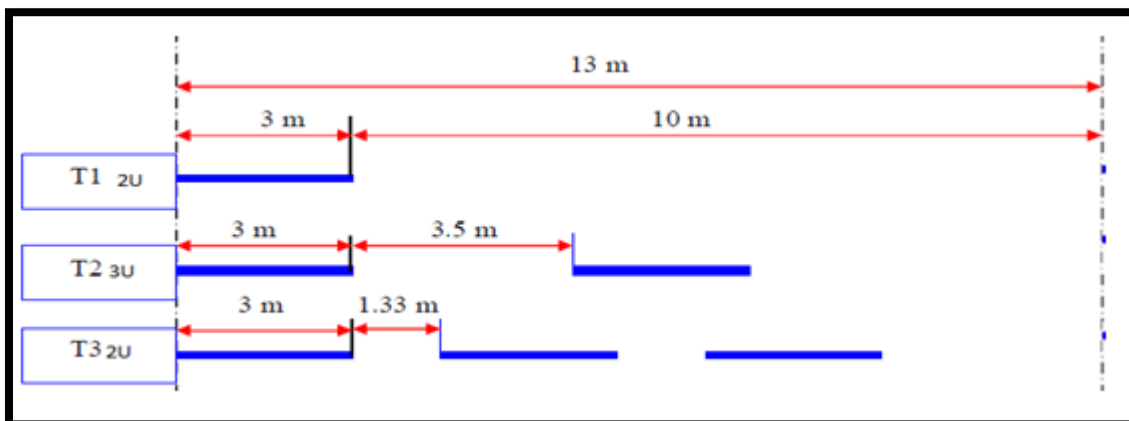


Figure 4-14 : Type de modulation

8- APPLICATION AU PROJET :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation routière Algérienne « l'instruction interministérielle sur la signalisation routière, l'arrête du 14 juillet 1974», on mentionne sur le plan de signalisation que la codification des panneaux et l'unité de largeur des lignes de marquage.

Les différents types de panneaux de signalisation dans notre projet sont :

Figure 4-15 : Panneaux de signalisation de danger (type A)










Nom des panneaux	Schéma
Panneau (A1a) : virage dangereux à droite	
Panneau (A1b) : virage dangereux à gauche	
Panneau (A1c + M2) : succession de virages dont le premier à droite	
Panneau (A1d) : succession de virages dont le premier à gauche	
Panneau (A2b) : Ralentisseur de type dos-d'âne	
Panneau (A13a) : Endroit fréquenté par les enfants	
Panneau (A13b) : passage pour piétons	
Panneau (A15a2) : passage d'animaux domestiques	
Panneau (A17) : Annonce de feux tricolores	

Figure 4-16: Panneaux d'interdiction de priorité et d'obligation (type B)











Nom des panneaux	Schéma
Panneau (B2a) : Interdiction de tourner à gauche	
Panneau (B2b) : Interdiction de tourner à droite	
Panneau (B2c) : Interdiction de faire demi-tour	
Panneau (B3) : Interdiction de dépassement	
Panneau (B6a1) : Stationnement interdit	
Panneau (B6d) : Arrêt et stationnement interdits	
Panneau (B14) : Limitation de vitesse (la vitesse max à ne pas dépassé)	
Panneau (B21f) : Sens giratoire obligatoire	
Panneau (B21d1) : direction obligatoire à la prochaine intersection	
Panneau (B21-1) : Obligation de tourner à droite avant le panneau	

Figure 4-17: Panneaux de signalisation d'intersection et de priorité (type AB)






Nom des panneaux	Schéma
Panneau (AB1) : Intersection – priorité à droite	
Panneau (AB3a+M9c) : Cédez le passage à l'intersection	
Panneau (AB2) : Intersection avec une route dont les usagers doivent céder le passage	
Panneau (AB4) : Arrêt obligatoire à l'intersection	
Carrefour à sens giratoire	

Figure 4-18: Signalisation de direction (type E4)

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 l'université.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le PISTE, COVADIS et l'AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, les directives et les recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : FAURE, Michel. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon : ELEAS, 1997. pp35-221 p258.
- [2] : HAMAIDI ZOURGUI D, BEGHDAOUI Y. Étude de modernisation de la RN17C sur10Km. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en travaux publics. École Nationale des Travaux Publics E.N.T.P – Kouba. Alger 2008.pp3 et4.p77.
- [3] : BRUNEL, Hervé. Cours de route. France : université d'Orléans I.U.T. de bourges, département génie civil. 2005. 98p. <http://www-brunel-ejm.org/biblio/cousroutev> 2007. pdf. Consulté le 12/12/2011.
- [4] : COQUAND, Roger. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1985.pp 19-40 p291.
- [5] : B40. Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [6] : LCPC.SETRA. Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sables traités aux liants hydrauliques. Paris : Bagnaux, 1985.
- [7] : LCPC-SETRA. Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, Guide technique. Paris : Bagnaux, 2006.
- [8] : FRERET, Alain. Guide pratique pour la conception géométrique des routes et autoroutes.1981.126p.http://search.4shared.com/postDownload/8eAauKge/Guide_pratique_concep_gom_rout.html. Consulté le 12/02/2012.
- [9] : GAUNIN, J.et al. Tables trigonométriques.1 er trimestre. Dunod ,1974.p181.
- [10] : VISA, Frédéric. Construction Travaux Publics. Les routes. IUT St Pierre – Département Génie civil.2008.17p. <http://www.cours-genie-civil.com/>. Consulté le 22/04/2012.
- [11] : SETRA ; ICTAAL. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. Paris : Bagnaux, circulaire du 12 décembre 2000. 60P.
- [12] : LCPC-SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagnaux, décembre 1994. 250 p.
- [13] : LCPC -SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagnaux, 1977.
- [14] : LCPC - SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2éme édition. Paris: Bagnaux, juillet 2000.

Bibliographie

[15] : LCPC - SETRA. Guide technique. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.13p.

[16] : TRIAW, Sandoumbé. Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil. Dakar : 2006.

[17] : BABILOTTE, C. & SOULIE, C. Dimensionnement des structures de chaussées communautaires du Grand LYON : Guide technique communautaire. Parution initiale en 1994.85p.

[18] : Guide technique de conception et de dimensionnement des structures des chaussées communautaires. Fascicule 2 dimensionnement des structures de chaussées neuves et élargissements des voies. 2009. 106p.

[19] : JOEFFROY, G ; SAUTEREY, R. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. pp173-174 p244.

[20] : AGAL Tarek. Développement d'un catalogue de dimensionnement structural des chaussées pour la ville de montréal. Comme exigence partielle à l'obtention de la maîtrise en génie de la construction. MONTRÉAL, le 12 Août 2005.223p.

[21] : BELKIDAR, Katia. Contribution à la notion d'adhérence sur les chaussées du réseau Algérien. Mémoire de magistère en génie civil. Département de génie civil, Faculté du génie de la construction, Université M. Mammeri, Tizi-ouzou (Algérie).180p.

[22] : Direction des travaux publics de la wilaya de Tlemcen. Etude d'impact sur l'environnement. Rapport établi par le Bureau d'études : « BIOTOPE -RAHMOUN Amel » pour le Compte du Bureau d'Etudes Pluridisciplinaires d'Ingénierie et d'Expertise « B.E.P.I.E.X » Tlemcen. Novembre 2011.62P.

[23]: HARTLÉN, J, A. FALLMAN, M. Principles for risk assessment of secondary materials in civil engineering work. Naturvardsverket, 1999.

[24] : LCPC -SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagnaux, 1998.297p.

[25] : COSTET, J. SANGLERAT, G. Cours pratique de mécanique des sols. Dunod, 4eme trimestre.1983.442p.

[26] : AMAR, Samuel. JÉZÉQUEL, Jean-François. Propriétés mécaniques des sols déterminées en place. Techniques de l'Ingénieur. 25p

[27] : LCPC - SETRA. Guide technique. Conception et réalisation des terrassements. Fascicule 3 : méthodes d'essais, Mars 2007. 46p

[28] : MAGNAN, Jean-Pierre. Description, identification et classification des sols. Techniques de l'Ingénieur. 17p

Bibliographie

- [29] : AFNOR (Association Française de Normalisation). Sols : reconnaissance et essais. Détermination de la teneur en carbonate, Méthode du calcimètre. NF P 94-048 Octobre 1996.11p.
- [30] : AFNOR (Association Française de Normalisation). Sols: reconnaissance et essais. Détermination des limites d'Atterberg. NF P 94-051, Mars 1993.pp4.15 p.
- [31] : AFNOR (Association Française de Normalisation). Granulats. Essai d'usure micro-Deval. NF P 18-572 Décembre 1990.8p.
- [32] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière. Arrête du 7 juin 1977 relatif à la signalisation des routes et autoroutes : journal officiel du 13 août 1977.40p.
- [33] : GHANNANI, B. Note de cours de la signalisation routière de 2eme année master.2012.
- [34] : Rapport géotechnique de sol de la rocade côtière GHAZAOUET – HONAINÉ. Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest (LTPO). Novembre 2011. 57p.
- [35] : AFNOR (Association Française de Normalisation). Sols : reconnaissance et essais. Indice CBR après immersion- Indice CBR immédiat – Indice Portant Immédiat NF P 94-078. Mai 1997.12p.
- [36] : AFNOR (Association Française de Normalisation).Granulat Essai Los Angeles. NF P 18-573. Décembre 1990. 8p.
- [37] : AFNOR (Association Française de Normalisation). Granulats. Essai au bleu de méthylène. Méthode à la tache. NF P 18-592. Mai 1997. 5p.
- [38] : LCPC. L'essai AASHO ; Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et de chaussée. Paris : Bagnéux, 1966.
- [39] : GTR 92 : Guide des Terrassements Routiers, Réalisation des remblais et des couches de forme. LCPC-SET RA, 1992.
- [40] : LCPC - SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, 2006. p188

Résumé

RESUME

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc la production.

L'état actuel de la plupart des routes en Algérie, nécessite des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements.

Ce mémoire présente une étude détaillée de tracé neuf de la rocade côtière entre Bab Khrofa et Douar Ziatine sur un linéaire de 9.813 km dans la wilaya de Tlemcen, avec des caractéristiques d'une route nationale.

Cette étude se compose de deux parties :

La première : présentation de notre projet.

La deuxième : comprend le dessin du tracé en plan, profil en long et les profils en travers ensuite, le dimensionnement de la chaussée, des fossés et les ouvrages transversaux.

Mots clés :

Modernisation, chemin de wilaya (CW103 et CV 7), chemin communal (CC), clothoïde, dévers, vitesse de basse, environnement, aménagement routière, trafic, tracé routier.
