
TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PRÉSENTATION DU PROJET ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE	2
Chapitre I. ETUDE DE TRAFIC	7
I.1 INTRODUCTION	7
I.2 L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS	7
I.2.1 La mesure des trafics	7
I.3 DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS	10
I.3.1 Trafic normal.....	10
I.3.2 Trafic dévie	10
I.3.3 Trafic induit.....	10
I.3.4 Trafic total.....	10
I.4 CALCUL DE LA CAPACITÉ.....	10
I.4.1 Définition de la capacité	10
I.4.2 Projection future du trafic	11
I.4.3 Calcul de trafic effectif.....	11
I.4.4 Débit de pointe horaire normal	12
I.4.5 Débit horaire admissible.....	12
I.4.6 Détermination nombre des voies	13
I.5 APPLICATION AU PROJET.....	13
I.5.1 Les données de trafic.....	13
I.5.2 Projection future de trafic	13
I.5.3 Calcul du trafic effectif.....	14
I.5.4 Débit de pointe horaire normal	14
I.5.5 Débit admissible	15
I.5.6 Le nombre des voies	15
I.5.7 Calcul de l'année de saturation de 1x1 voies	16
I.6 CONCLUSION	16
Chapitre II. ETUDE GEOTECHNIQUE	18
II.1 INTRODUCTION	18
II.2 LES MOYENNS DE LA RECONNAISSANCE.....	18
II.2.1 L'étude des archives et documents existants.....	18
II.2.2 Les visites sur site et les essais <<in-situ>>	18
II.2.2.1 La reconnaissance « in-situ »	19
II.2.3 Les différents essais en laboratoire	20
II.2.3.1 Les essais d'identification	21

II.2.3.2 Les Essais mécaniques	24
III . CONDITION D'UTILISATION DES SOLES EN REMBLAIS	26
Chapitre III. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES	27
III.1 INTRODUCTION	27
III.2 LA CHAUSSEE	27
III.2.1 Définition	27
III.2.2 Les différentes couches de chaussée	27
III.2.3 Les différents types de chaussée	29
III.3 LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT	31
III.3.1 Les facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussées	31
III.3.2 Les méthodes empiriques.....	33
III.4 MATRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSEE	41
III.5 APPLICATION AU PROJET.....	45
III.5.1 Méthode CBR.....	45
III.5.2 Méthode de catalogue des structures «SETRA»	46
III.5.3 Méthode du catalogue des chaussées neuves CTPP	47
III.6 CONCLUSION	48
Chapitre VI. TRACE EN PLAN.....	49
IV.1 INTRODUCTION	49
IV.2 RÉGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN.....	49
IV.3 LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN	50
IV.3.1 Les alignements	50
IV.3.2 Arcs de cercle.....	51
IV.3.2.1 Stabilité en courbe.....	51
IV.3.3 Les raccordements progressifs clothoïde	56
IV.3.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement.....	56
IV.3.3.2 Types de courbe de raccordement.....	56
IV.4 LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT.....	58
IV.5 NOTION DE DEVERS.....	59
IV.6 LA VITESSE DE RÈFÈRENCE DE BASE	61
IV.7 PARAMÈTRES FONDAMENTAUX	61
IV.8 CALCUL D'AXE.....	61
IV.8.1 Exemple de calcul d'axe manuellement	62
IV.8.1.1 Caractéristiques de la courbe de raccordement	62
Chapitre V. PROFIL EN LONG	69
V.1 INTRODUCTION	69
V.2 RÉGLES Á RESPECTER DANS LE TRACÈ DU PROFIL EN LONG	69

V.3	LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG	70
V.4	COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG.....	70
V.5	DÉCLIVITÉS.....	70
V.5.1	Déclivité minimum.....	71
V.5.2	Déclivité maximum	71
V.6	RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....	71
V.6.1	Raccordements convexes angle saillant	72
V.6.2	Raccordements Concaves Angle Rentrant.....	73
V.7	CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG.....	74
V.8	DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG.....	74
V.9	EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG.....	77
V.9.1	Cas d'un rayon convexe.....	77
V.9.2	Cas d'un rayon concave	78
Chapitre VI.	PROFIL EN TRAVERS	81
VI.1	INTRODUCTION	81
VI.2	LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS.....	81
VI.3	LES PENTES TRANSVERSALES (LES DÈVERS)	69
VI.4	PROFIL EN TRAVERS DE NOTRE ROUTE.....	69
Chapitre VII.	CUBATURE	85
VII.1	INTRODUCTION	85
VII.2	DEFINITION	85
VII.3	MÈTHODE DE CALCULE DES CUBATURES.....	85
VII.3.1	Formule de Mr SARRAUS.....	86
VII.3.2	Méthode classique.....	88
Chapitre VIII.	ASSAINISSEMENT	89
VIII.1	INTRODUCTION	89
VIII.2	OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.....	89
VIII.3	ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE	90
VIII.4	DÉFINITION DES TERMES HYDRAULIQUE	91
VIII.5	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS	92
VIII.5.1	Estimation de débit d'apport Q_a	93
VIII.5.2	Débit de saturation	93
VIII.5.3	Dimensionnement des buses.....	94
VIII.5.4	Dimensionnement des dalots	95
VIII.5.5	Dimensionnement des fossés.....	96
VIII.8	APPLICATION AU PROJET.....	97

VIII.8.1 Calcul hydraulique	97
VIII.8.2 Dimensionnement des buses.....	99
VIII.8.3 Dimensionnement des dalots.....	100
VIII.8.5 Dimensionnement des fossés	102
Chapitre IX. AMÉNAGEMENT DE CARREFOUR.....	103
IX.1 INTRODUCTION	103
IX.2 LES PRINCIPAUX TYPES DES CARREFOURS	103
IX.2.1 Carrefour à trois branches (en T).....	103
IX.2.2 Carrefour à trois branches (en Y).....	103
IX.2.3 Carrefour à quatre branches (en croix)	103
IX.2.4 Carrefour giratoire.....	103
IX.2.5 Carrefour à branches multiples	103
IX.3 DONNEES UTILES A L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR	104
IX.4 PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR	106
IX.4.1 La visibilité	107
IX.4.2 Triangle de visibilité	107
IX.4.3 Données de base	107
IX.5 SIGNALISATION.....	109
IX.5.1 Signalisations horizontales	109
IX.5.2 Signalisations verticales.....	111
IX.6 APPLICATION AU PROJET.....	112
Chapitre X. Analyse multicritères	117
X.1 INTRODUCTION	117
X.2 OBJECTIF DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE.....	117
X.3 LES CRITÈRES EVALUATIFS DE NOTRE TRACÉ DANS LA RN 06	118
X.3.1 Environnement	119
X.3.2 Développement économique	122
X.3.3 Sociale.....	124
CONCLUSION GÉNÉRALE	125
BIBLIOGRAPHIE.....	126

PRESENTATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

NAAMA, wilaya frontalière avec le royaume du Maroc, est limitée:

Au Nord, par les wilayas de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès,

Au Sud, par la wilaya de Béchar,

A l'Ouest, par la frontière marocaine,

A l'Est, par la wilaya d'El BAYADH.

Nombre de daïras: 07.

Nombre de communes: 12.

Superficie: 29.500 km²

RESEAU ROUTIER

Le réseau économique de base de la wilaya est constitué essentiellement des axes suivants:

- La RN6, sur 273 Km, relie les wilayas du Nord aux wilayas du Sud du pays. Les plus importantes agglomérations sont situées sur cet axe, avec un trafic d'environ 3500véhicules par jour.
- La RN22, sur 130 Km, relie les wilayas de Tlemcen et de SIDI-BEL-ABBES aux wilayas du sud.
- La RN47 relie les daïras d'AIN-SEFRA et ASLA à la wilaya d'EL-BAYADH sur un linéaire de 57, 500 Km.
- La RN13, au 40Km, située à la limite Nord-Ouest de la wilaya, draine le flux de la wilaya de Sidi-Bel-Abbès vers la RN22 et relie également la frontière marocaine.

Concernant le chemin de fer, une seule ligne existe, celle de MOHAMMADIA-BECHAR. Il s'agit d'une voie étroite qui longe la RN06 sur tout le territoire de la wilaya. Un projet consistant dans le réaménagement de cette ligne, en voie normale, est en cours de réalisation.

ENERGIE

Réseau de gaz naturel de haute pression, Lignes électriques de haute et de moyenne tension, Passage du GAZEODUC "GME" par le territoire de la wilaya.

Le passage, sur le territoire de la wilaya, d'une infrastructure d'importance nationale, en l'occurrence le gazoduc Maghreb-Europe constitue le catalyseur de développement de certains centres, dont la future ville de MACHRAA-ENNOUAR (Terminal arrivée gazoduc), située sur la RN13.

RESOURCE NATURELLE

HYDRAULIQUE

Le sous-sol de la wilaya renferme de grandes potentialités hydriques qui sont, toutefois, très peu exploitées. Les réserves hydriques souterraines sont localisées sur l'ensemble du territoire de la wilaya, notamment autour de:

- CHOTT EL-GHERBI,
- CHOTT ECHERGUI,
- Le synclinale de NAAMA,
- Les aquifères de la vallée de AÏN-SEFRA et TIOUT.

EN MATIERE DE RESSOURCES MINIERES

La prospection géologique au niveau de la wilaya a mis en évidence d'énormes potentialités en réserves naturelles et en matières premières, susceptibles d'être valorisées.

On note la disponibilité de matières premières qui nécessite l'implantation d'unités industrielles de petites et moyennes tailles. Il s'agit de:

Les agriles: Elles sont localisées dans la commune de TIOUT. Ce gisement, dont les réserves sont considérables, peut être exploité pour la production de canaux de sol et plinthes émaillées et pour la fabrication d'articles décoratifs, en terre cuite vernissée.

Les sables dunaires: les sables de dune sont très répandus dans la wilaya de NAAMA. Les indices étudiés (6 indices) sont jugés aptes à la production de verre creux, demi coloré à coloré.

Les grés: les formatons gréseuse, des monts des KSOURS, présentent de très bonnes caractéristiques pour la production de verre plat et verre creux demi-blanc, ainsi que dans le domaine des bétons hydrauliques (4 indices étudiés).

Les calcaires: les 7 indices de calcaire, affleurant dans la wilaya de NAAMA, présentent une bonne composition chimique et des propriétés physico-mécaniques leur permettant d'être utilisés dans le domaine de la production de ciment, chaux et dans les différents types d'agréats.

Les dolomies: les dolomies jurassiques sont très abondantes dans la wilaya de NAAMA. Elles peuvent être utilisées comme ajout pour le verre et dans la production de briques réfractaires.

MELANGE ENTRE THERMALISME ET TOURISME SAHARIEN

La wilaya de NAAMA recèle d'importantes ressources et potentialités dans le domaine du tourisme:

Les KSOURS

Situés dans les communes de MOGHRAR, ASLA, SFISSFA, AÏN-SEFRA et TIOUT, ils constituent un patrimoine séculaire, où coexistent le passé et le présent.

Principales stations de gravures rupestres

ASLA, TIOUT, AÏN-SEFRA, MOGHRAR, DJENIEN-BOUREZG.

Eaux thermales de AÏN-OURKA

Ses eaux sont particulièrement chlorurées, sodiques et sulfatées calciques. Leur température, à l'émergence, est de 46 °C. L'eau de Hammam AÏN-OURKA renferme de nombreux bienfaits sur la santé "affections rhumatismales, dermatologiques, respiratoires etc.....". Cette partie de la wilaya de NAAMA l'avantage de joindre l'utile à l'agréable et d'offrir un merveilleux couplage entre le thermalisme et Tourisme.



Figure.1. Situation de projet.

OBJECTIF DE L'ETUDE :

L'objectif principal de notre étude consiste à évacuer la grande quantité du trafic et le poids lourds.

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

- L'amélioration du niveau de service de la route.
- Améliorer les conditions de circulations.

INTRODUCTION GENERALE

- L'augmentation de la capacité de la route.
- L'amélioration du système de drainage.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.
- Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les voyageurs sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- Réduire le temps de parcours.
- Améliorer la sécurité.

INTRODUCTION

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

La route romaine dont les traces sont encore apparentes à ce jour, témoigne de l'avancée industrielle de l'empire et de la place privilégiée accordée aux réseaux de communication.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant, et même si les technologies de l'information se développent, les déplacements routiers liés tant à la vie quotidienne qu'au tourisme sont des réalités incontournables pour encore de nombreuses années.

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

La problématique

Qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation.

Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, de préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et de quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de l'évitement.

D'où l'importance de notre travail, qui consiste à faire l'étude de l'évitement du MECHERIA dans la RN06 sur un tronçon de 06 km dans la Wilaya de NAAMA.

Parmi les avantages de la route nationale

Les avantages directs: qui concernent principalement tous les usagers de la route, gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants,

Les avantages indirects: qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

La wilaya de NAAMA fait partie de la région des hauts plateaux Ouest, telle que définie par le Schéma National d'Aménagement du Territoire (S.N.A.T). Elle se trouve intégralement incluse dans le périmètre du programme impliqué par l'option "HAUTS PLATEAUX".

I. INTRODUCTION

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructures de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur une partie stratégie, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour:

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretien.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

II. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

II.2.1 LA MESURE DES TRAFICS

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

- **Les comptages:** qui permettent de quantifier le trafic.
- **Les enquêtes:** qui permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

II.2.2.1 LES COMPTAGES

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage:

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

a- LES COMPTAGES MANUELS

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de

connaître le pourcentage de poids lourds et les transports commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A)[2].

b- LES COMPTAGES AUTOMATIQUES

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires:

Les comptages permanents: sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes: réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

Le comptage temporaire: s'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode: est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds[3].

II.2.2.2 LES ENQUETES ORIGINE DESTINATION

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverses méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquête:

a- LES ENQUETES PAPILLONS OU DISTRIBUTIONS DE CARTES

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons et sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

Les avantages de la méthode: sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

Les inconvénients de la méthode: c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrée et de sortie du secteur étudié.

b- RELEVÉ DES PLAQUES MINÉRALOGIQUES

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux[2].

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

Les inconvénients sont:

- le manque d'exhaustivité (on ne peut pas identifier la totalité des véhicules).
- les erreurs de lecture fréquentes qui faussent partiellement les résultats.
- un dépouillement fastidieux.

c- INTERVIEW DES CONDUCTEURS

Cette méthode est lourde et coûteuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peine d'irriter l'usager) L'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement telles que le type de véhicule[4].

d- LES ENQUÊTEURS A DOMICILE - ENQUÊTE MÉNAGE

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération[2].

III. DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS

III.3.1 TRAFIC NORMAL

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

III.3.2 TRAFIC DEVIE

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre le différent moyen d'atteindre la même destination.

III.3.3 TRAFIC INDUIT

C'est le trafic qui résulte de:

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

III.3.4 TRAFIC TOTAL

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie[5].

IV. CALCUL DE LA CAPACITE

IV.4.1 DEFINITION DE LA CAPACITE

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée.

La capacité dépend.

- Les conditions de trafic.
- Les conditions météorologiques.
- Le type d'utilisateurs habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).

- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)[4].

IV.4.2 PROJECTION FUTURE DU TRAFIC

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est[2]:

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

Avec:

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

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.

n: nombre d'année.

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

IV.4.3 CALCUL DE TRAFIC EFFECTIF

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante:

$$T_{eff} = [(1-z) + p \cdot z] TJMA_h$$

Avec:

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau1-1. Coefficient D'équivalence [5].

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

IV.4.4 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule:

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

Avec:

Q: débit de pointe horaire.

n: nombre d'heure, (en général n=8heures).

T_{eff}: trafic effectif.

IV.4.5 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

Tableau 1-2. Valeur de K1[6].

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau1-3. Valeur de K2[6].

Environnement	1	2	3	4
E1	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96

Tableau1-4 .Valeur de la capacité théorique[6].

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

IV.4.6 DETERMINATION NOMBRE DES VOIES

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .
- Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport[6].

$$n = S.Q/Q_{adm}$$

Avec:

Q_{adm} : débit admissible par voie.

S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

V. APPLICATION AU PROJET

V.5.1 LES DONNEES DE TRAFIC

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par DTP qui sont les suivants:

- Le trafic à l'année 2011 $TJMA_{2008} = 3500$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km/h
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 30\%$
- L'année de mise en service sera en 2012
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Catégorie C2
- L'environnement E2

V.5.2 PROJECTION FUTURE DE TRAFIC

L'année de mise en service (2012).

$$TJMA_h = TJMA_{2012}(1 + \tau)^n$$

Avec :

TJMAh : trafic à l'horizon (année de mise en service 2012)

TJMAo : trafic à l'année zéro (origine 2012)

$$TJMA_{2012} = 3500 (1 + 0.04)^4 = 4095 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc: } TJMA_{2012} = 4095 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2032) pour une durée de vie de 20 Ans.

$$TJMA_{2032} = 4095 \times (1 + 0.04)^{20} = 8973/\text{j}$$

$$\text{Donc: } TJMA_{2032} = 8973 \text{ v/j}$$

V.5.3 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z.P] TJMAh$$

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds Pour une route à deux voies et un environnement E2 on a P=6.

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 30%.

$$T_{\text{eff}} = 8973 \times [(1 - 0.3) + 6 \times 0.3] = 22433 \text{ uvp/j}$$

$$\text{Donc: } T_{\text{eff}} = 22433 \text{ uvp/j}$$

V.5.4 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

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

Avec:

1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12 (n=8heurs).

➤ Année de mise en service

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2012}$$

$$Q = 0.12 \times 4095 = 473 \text{ uvp/h}$$

Donc: $Q = 492 \text{ uvp/h}$

➤ **Année horizon**

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2032}$$

$$Q = 0.12 \times 22433 = 2692 \text{ uvp/h}$$

Donc: $Q = 2692 \text{ uvp/h}$

Calculons tout d'abord la capacité admissible.

$$Q \leq Q_{\text{adm}} = K1.K2.C_{\text{th}}.$$

$$\Rightarrow C_{\text{th}} = Q / (K1.K2). \quad Q: \text{ de l'année de mise en service.}$$

$$\text{Avec : } K1 \cdot K2 = 0.8415$$

$$C_{\text{th}} \geq 2692 / (0.85 \times 0.99)$$

Donc: $C_{\text{th}} \geq 3200 \text{ uvp/h}$

V.5.5 DEBIT ADMISSIBLE

Le débit que supporte une section donnée:

$$Q_{\text{adm}} = K1.K2. C_{\text{th}}$$

Avec:

K1: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E2.

K2: coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C2).

C_{th} : capacité théorique.

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0.99 \times 3200$$

Donc: $Q_{\text{adm}} = 2693 \text{ uvp/h}$

V.5.6 LE NOMBRE DES VOIES

$$N = S \times \left(\frac{Q}{Q_{\text{adm}}} \right)$$

Avec:

$$S = 2/3$$

$$N = (2/3) \times (2692/2693) = 0.67 \approx 1$$

Clicours.COM

Donc : $N = 1$ voie /sens

V.5.7 CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION DE 1X2VOIES

$$T_{\text{eff}2012} = [(1-0.3) + 6 \times 0.3] \times 4095$$

$$\text{Donc: } T_{\text{eff}2012} = 10238 \text{ uvp/j}$$

$$Q = 0,12 \times 10238 = 1229 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc: } Q = 1229 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1229 = 4916 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{saturation}} = 4916 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2012} \Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{\text{sat}}}{Q}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{4916}{1229}\right)}{\ln(1+0.04)} = 35.34 \text{ ans}$$

$$\text{Donc : } n = 36 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée 36 ans après la mise en service donc l'année de saturation est Année : 2048.

Tableau1-5. Les calculs sont représentés dans le tableau suivant.

TJMA ₂₀₁₂ (v/j)	TJMA ₂₀₃₂ (v/j)	Teff ₂₀₃₂ (uvp/j)	Q ₂₀₃₂ (uvp/h)	N
4095	8973	22433	2692	1

VI. CONCLUSION

La capacité théorique est de : 3200 upv/h, donc selon la norme de B 40, notre route sera bidirectionnelle (02 voies de circulation) de 3.5 m de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de 1.5m de chaque côté.

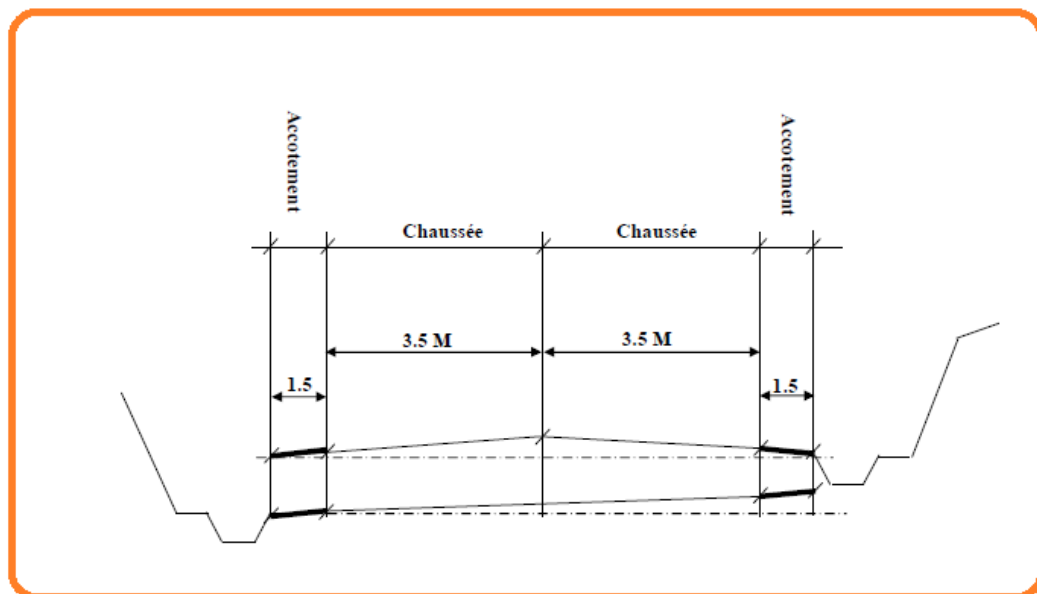


Figure1-1.Schéma explicatif d'une coupe transversale de la chaussée prévue.

I. GENERALITE

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir 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 qu'exige des reconnaissances géotechniques.

II. LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE

Les moyennes de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement [7]:

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais «in-situ».
- Les essais de laboratoire.

II.2.1 L'ETUDE DES ARCHIVES ET DOCUMENTS EXISTANTS

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

II.2.2 LES VISITES SUR SITE ET LES ESSAIS <<IN-SITU>>

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Dépendant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations «in-situ» permettant:

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

II.2.2.1 LA RECONNAISSANCE « IN-SITU »

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « in-situ » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit.

a. LES FORAGES

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés:

Manuellement: ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m.

Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.

A la tarière: la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié.

La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est Identifiée visuellement.

A la sondeuse: on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

b. LA METHODE GEOPHYSIQUE

La prospection sismique: le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes Primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

Tableau 2-1. Valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol [8].

Nature de sol	Vitesse Vp (m/s)
Argiles et limons	400-1500
Sable et gravier	300-1200
Roches altérés	800-2500
Roches massives	200-6000

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau.

La prospection électrique: cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux Electrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains.

La méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau[8].

c. LES ESSAIS DE PENETRATION

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés[8]:

- Pénétromètre dynamique.
- Le standard pénétromètre test ou (SPT).
- Pénétromètre statique.

II.2.3 LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais réalisés en laboratoire sont[9]:

- Les essais physiques.
- Les essais mécaniques.

Les essais physiques:

- Détermination de la teneur en carbonate CaCO_3 .
- Equivalent de sable ES.
- Limites d'Atterberg.
- Poids spécifique du sol.

- Analyse granulométrique.
- Limite de retrait W_r .

Les essais mécaniques:

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Essai Micro Deval.

II.2.2.1 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 déterminer au laboratoire expérimental de certains caractéristique physique des sols.

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour classer les différents types de sols [10].

b. ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

Principe d'essai: l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoirs reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes.

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

Domaine d'utilisation: la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

c. LIMITES D'ATTERBERG

Limite de plasticité (Wp), 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 (WL), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide:

$$WL = \omega (N/25)^{0.121}$$

Avec :

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

N: nombre de coups.

L'indice de plasticité (IP):

$$IP = WL - WP$$

Principe de l'essai: la détermination de WL et WP nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

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).

d. EQUIVALENT DE SABLE

Lorsque les sols contiennent très peu de 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 évidence 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 utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôle des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobes hydrocarbonés.

e. ESSAI AU BLEU DE METHYLENE

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100gramme 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 $d \leq 10\text{mm}$ 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:

$$VB_s = VB_s \left(\frac{0}{d} \right) \times C \frac{\frac{0}{d}}{100C} \left(\frac{0}{d} \right)$$

Étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié.

II.2.2.3 LES ESSAIS MECANIQUES

a. ESSAI PROCTOR

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il ya aussi l'énergie normale.

Principe de l'essai: l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposé en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compactée avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.

Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai: l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous L'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

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

b. ESSAIC.B.R (CALIFORNIA BEARING RATIO)

On réalise en général trois essais : CBR standard, CBR immédiat, CBR imbibé.

On s'intéresse actuellement au CBR imbibé.

Principe de l'essai: on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

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

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements [7].

c. ESSAI LOS ANGELES

L'essai los Angeles est un essai très fiable et de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau.

Principe de l'essai: l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angeles.

But de l'essai: l'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

Domaine d'application: l'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement).

d. ESSAI MICRO DEVAL

Il est en général effectué par deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide).

On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

Principe de l'essai: l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6 mm (Tamis de 1.6 mm) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

But de l'essai: l'essai Micro-Deval humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

Domaine d'application: choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

III. CONDITION D'UTILISATION DES SOLES EN REMBLAIS

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

Les matériaux de remblais seront exempts de:

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

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. 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.

NB : A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet.

BIBLIOGRAPHIE

- [16]. AASTHO. American Association of state Highway and Transportation Officials. Interim guide for design of pavement structures; Highway research board: Washington, 1972.
- [24]. Angelbert ; C, Biaou. Cours d'hydraulique routière.2009.
- [32]. Angelbert ; C, Biaou. Cours d'hydraulique routière.2009.
- [5]. B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977
- [34]. B, Metral ; C, Florent. Etude technique du projet routière. Université de Lyon: 2003.
- [26]. B, Metral ; C, Florent. Etude technique du projet routière. Université de Lyon: 2003.
- [4].Djelti, AbdelkaderZakaria ;Hattou, Mohammed. Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54.mémoire d'ingénieur. Tlemcen : juillet 2009.pp 12-80 p86.
- [27]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2émeédition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [31]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2émeédition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399
- [35]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2émeédition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [23]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2émeédition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [12]. G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. pp173-174 p244.
- [14]. Hevré, Brunel. Cours de route. France : université d'Orléans I.U.T. de bourges, 2005.pp1-48 p98.<http://www.brunel-ejm.org>.Consulté le 30/03/2012.
- [7]. J, Costet ; G, Sanglerat. Cours pratique de mécanique des sols.4ème trimestre: Dunod, 1983, p 442.
- [28]. J, Gaunin. Tables trigonométriques.1er trimestre. Dunod ,1974.p181.
- [9]. Jean, Berthier. Projet et construction de la route ; Techniques de l'ingénieur. pp1-38 p39.
- [20]. J, Gaunin. Tables trigonométriques.1er trimestre. Dunod ,1974.p181.
- [6]. LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2éme édition. Paris: Bagneux, juillet 2000.pp 1-84 p 102.
- [11]. LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagneux, 1998.297p.
- [13]. LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagneux, 1977.
- [15]. LCPC. Compactage des enrobés hydrocarbonés à chaud ; Guide technique. Paris: Bagneux, 2003[18]. LCPC ; SETRA. Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sables traités aux liants hydrauliques. Paris : Bagneux, 1985.p77.

BIBLIOGRAPHIE

- [17]. LCPC ; SETRA. Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic. Paris : Bagneux, 1981.p31.
- [10]. LCPC ; SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagneux, décembre 1994.p250.
- [2]. Michel, Faure. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon : ELEAS, 1997. pp35-221 p258.
- [3]. Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.pp 15-199 p285.
- [33]. SETRA. Aide aux choix solutions d'assainissement et de drainage sur les routes existantes ; méthodologie pratique et efficace de recherche de solutions d'assainissement. Paris : Bagneux, 1993. p77.
- [25]. SETRA. Aide aux choix solutions d'assainissement et de drainage sur les routes existantes ; méthodologie pratique et efficace de recherche de solutions d'assainissement. Paris : Bagneux, 1993. p77.
- [19]. SETRA ; BRENAC. Relations vitesse, courbure, devers ; Note technique. Paris : Bagneux, 2000.
- [30]. SETRA. L'eau et la Route; Dispositifs de traitement des eaux pluviales .Volume 7.Paris : Bagneux, 1997.
- [21]. SETRA ; ICTAAL. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. Paris : Bagneux, 2000. p55.
- [29]. SETRA ; ICTAAL. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. Paris : Bagneux, 2000. p55.
- [22]. SETRA. L'eau et la Route; Dispositifs de traitement des eaux pluviales .Volume 7.Paris : Bagneux, 1997.
- [1]. [http://Map. Google.com/map](http://Map.Google.com/map).consulté le 02/03/2011.
- 2005.pp1-48 p98.<http://www.brunel-ejm.org>.Consulté le 30/03/2012

I. GENERALITE

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.

II. LA CHAUSSEE

II.2.1 DEFINITIONS

- **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.

II.2.2 LES DIFFERENTES COUCHES DE CHAUSSEE

Il existe quatre couches de chaussée:

- Couche de surface.
- Couche de base.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

II.2.2.1 COUCHE DE SURFACE

Cette couche en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison. Rôle de couche de roulement:

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni).

Rôle de couche de liaison:

- Elle a pour rôle essentielle d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

II.2.2.2 COUCHE DE BASE

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre couche de roulement et couche de fondation, Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

II.2.2.3 COUCHE DE FONDATION

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

La couche de base et couche de fondation forment le « corps de chaussée ».

II.2.2.4 COUCHE DE FORME

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

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

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

Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminant peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation qui s'appelle sous-couche.

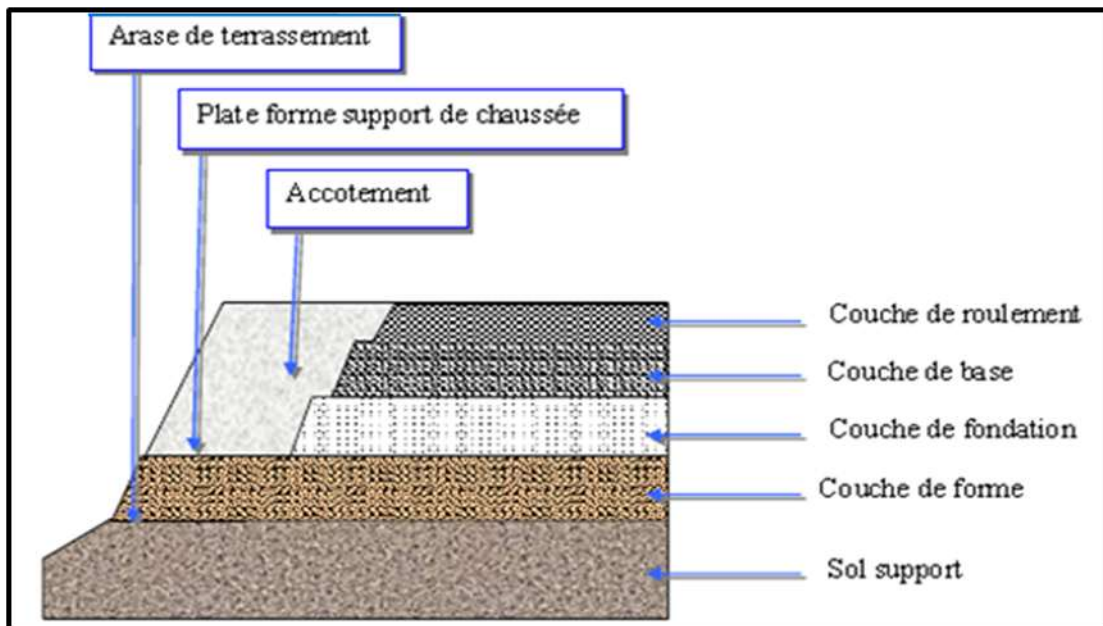


Figure3-1. Constitution d'une structure de chaussée type [11].

II.2.3 LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE

Il existe trois types de chaussée:

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

II.2.3.1 LES CHAUSSEES SOUPLES

Elles constituent l'immense majorité des routes actuelles. Elles sont composées D'une fondation constituée d'un matériau non traité mais stabilisé mécaniquement (Compact), d'une couche de base constituée d'un matériau traité au liant Hydrocarbonés, et une couverture bitumineuse mince (couche de roulement) moins De 15 cm.

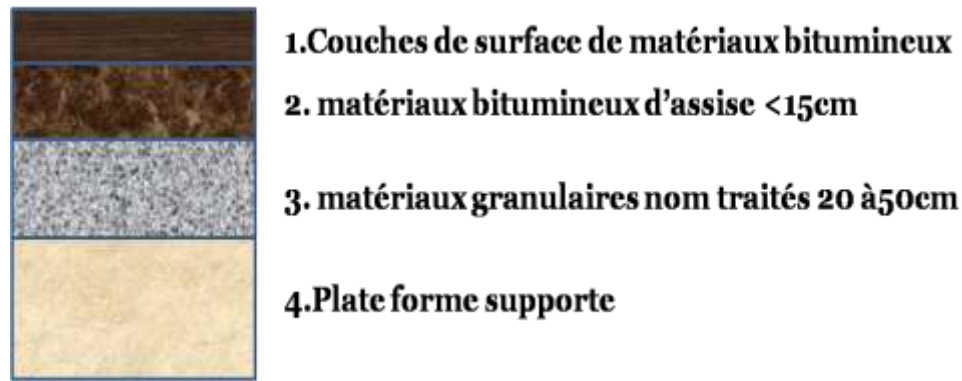


Figure3-2. Chaussée souple [12].

II.2.3.2 LES CHAUSSEES SEMI-RIGIDES

On distingue:

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

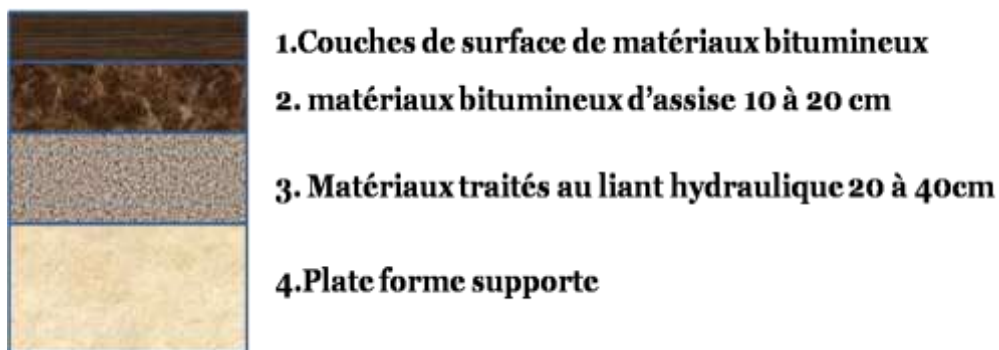


Figure3-3. Chaussée semi-rigide [12].

II.2.3.3 LES CHAUSSEES RIGIDES

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé

mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

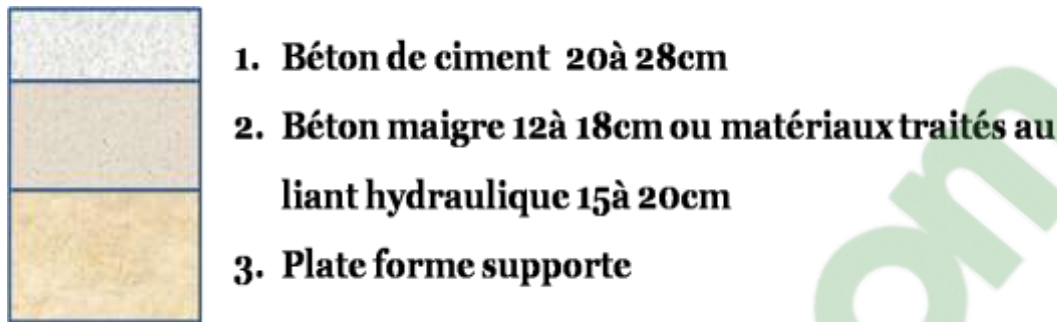


Figure3-4. Chaussée rigide [12].

III. LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

On distingue deux familles des méthodes:

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites «rationnelles» basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on s'intéresse aux méthodes empiriques les plus utilisées [13].

III.3.1 LES FACTEURS DETERMINANTS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEE

III.3.1.1 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.

a. TRAFIC A 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.

Tableau3-1. Classification des trafics en France [13].

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

b. TRAFIC CUMULE EQUIVALENT (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 [13]:

$$NE = N \times CAM$$

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.

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

Tableau3-2. Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd [13].

Classe de trafic	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	Au-delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si $e_{20} < \text{cm}$
					1.0 si $e > 20\text{cm}$

III.3.1.2 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 [14].

III.3.1.3 LE SOL SUPPORT

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, de 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.

Tableau3-3. L'importance de sol en fonction de l'indice de CBR[7].

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

III.3.1.4 LES MATERIAUX

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL [16].



III.3.2 LES METHODES EMPIRIQUES

III.3.2.1 MÉTHODE 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'au 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.

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

$$N = T_H \cdot \%PL$$

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

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

Avec:

T₀ : 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:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

c₁ × e₁: couche de roulement.

c₂ × e₂ : couche de base.

c₃ × e₃: couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau3-4. Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau[7].

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
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.80 à 0.90

III.3.2.2 METHODE 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 15ème année T_j .
- Les caractéristiques de sol (S_j).

a. DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC

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

Tableau3-5. La classe du trafic poids lourd [13].

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

b. DETERMINATION 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:

Tableau3-6. Classement de sol en fonction de l'indice de CBR [7].

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

III.3.2.3 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 [17]:

- 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.

III.3.2.4 LA METHODE L.C.P.C «LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES»

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

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

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.

III.3.2.5 METHODE DU CATALOGUE DES CHAUSSEES NEUVES CTPP

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, environnement et zone climatique [18].

a. 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 tes.
- Les ports, les aérodomes et les postes frontaliers.
- Les principales agglomérations et important zone industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux.

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

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

Répartition transversale du trafic

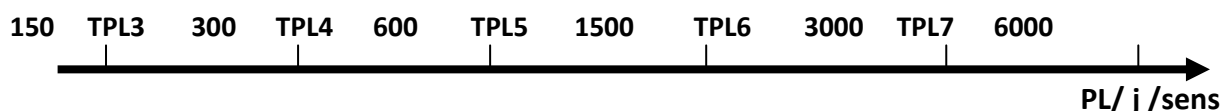
On adoptera les valeurs suivantes:

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

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.

RP1:



RP2:



b. DETERMINATION DES CLASSES DE PORTANCE DE SOLS

Le tableau 3-6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S0 à S4.

c. DETERMINATION DES CLASSES DE PORTANCE DE SOLS SUPPORT

Pour les sols sensibles à l'eau: la portance du sol support est déterminée par:

- L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II.
- L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

Pour les sols insensibles à l'eau: sols grossiers contenant plus de 25 % d'éléments > 20 mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{nat} > W_{opm}$).

- L'essai de plaque $\Rightarrow$ le module de sol EV2 la déflexion $\Rightarrow d_c$ (déformation).
- Les deux sont reliés par la relation empirique : $EV2 \times d_c = 10340$.

Avec:

EV2 en (MPa).

d_c en (1/100mm).

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

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

Tableau3-7. Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion [7].

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).

Tableau3-8. Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol[7].

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

d. LES ZONES CLIMATIQUES

Tableau3-9. Les zones climatiques de l'Algérie[5].

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

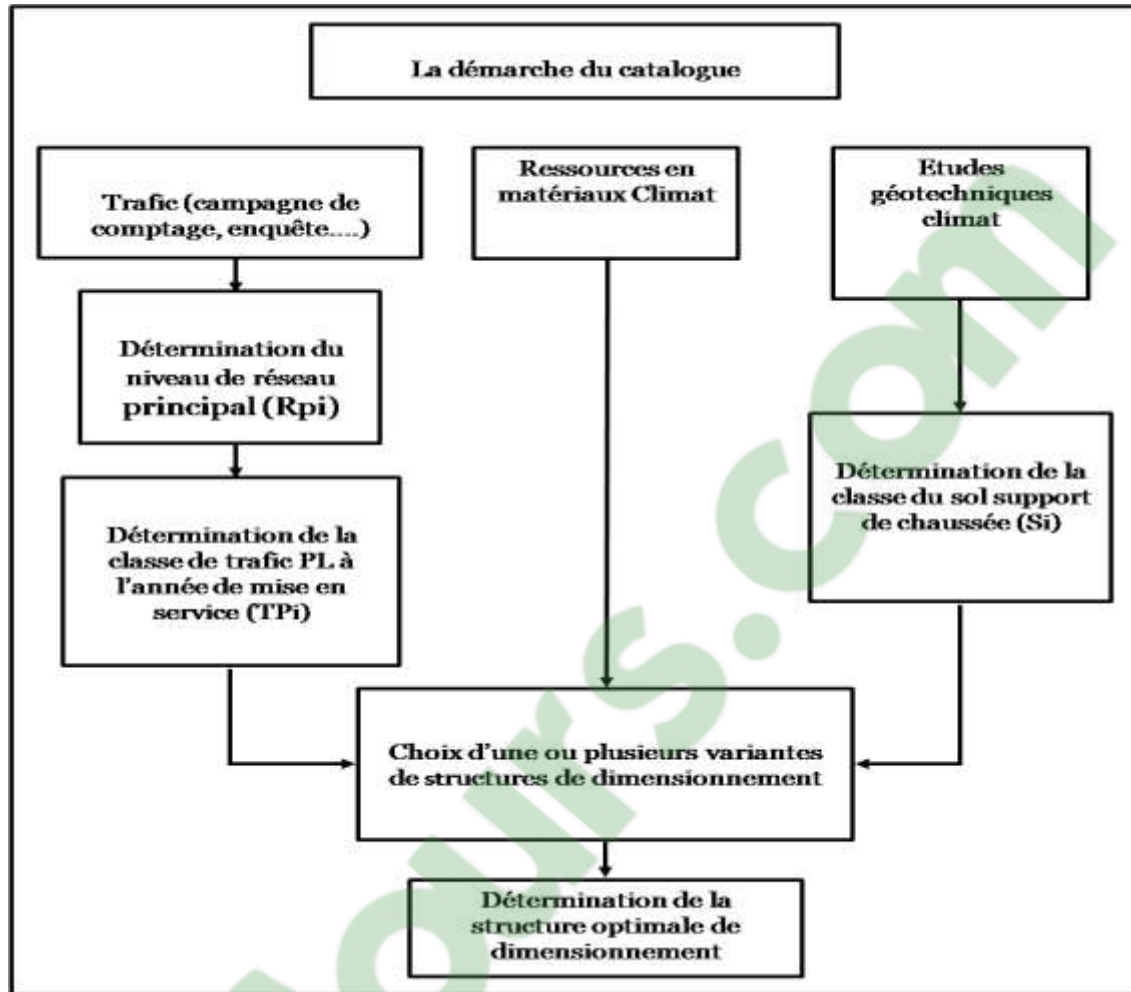


Figure3-5. Schéma montre la démarche du catalogue [19].

IV. MATRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSEE

IV.4.1 BETON BITUMINEUX «BB»

IV.4.1.1 DEFINITION

Les bétons bitumineux sont des matériaux enrobés à chaud dont le squelette minéral est, en général, une grave concassée 0/10 ou 0/14 et, le liant, du bitume pur 40/50.

a. DOMAINE D'UTILISATION

Ce type de matériau est bien adapté aux couches de surface des chaussées à forts trafics en raison de ses bonnes caractéristiques mécaniques. Il est aussi bien utilisé pour les chaussées neuves qu'en renforcement.

b. CONSTITUANTS

Granulats: la granularité du squelette minéral est de classe 0/10 ou 0/14 pour des épaisseurs moyennes de couche de roulement de respectivement, 6 et 8 cm.

Teneur en fines: la fraction sableuse (passant à 0.080 mm) doit être comprise entre 6 et 10 %, Lorsque cette valeur est insuffisante pour une bonne composition du matériau, il nécessaire d'adjoindre à la grave 0/D des fines d'apport. Celles-ci doivent avoir plus de 80 % d'éléments passant au tamis 0.080 mm et 100%de passant à celui de 0.2 mm.

Bitume: le bitume utilisé est, normalement, de classe 40/50.

Dans certains cas (trafic modéré, route en altitude, etc.), il est possible d'utiliser un bitume moins dur tel que le 60/70 ou 80/100 si le risque d'orniérage n'est pas trop à craindre.

c. FABRICATION

Les bétons bitumineux sont fabriqués en centrales d'enrobage continues ou discontinues.

d. MISE EN ŒUVRE

Répandage: «finisseur».

Compactage: «atelier vibrant en tête».

Epaisseurs technologiques de mise en œuvre: Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont, Epaisseur minimale = 6 cm, Epaisseur maximale =8 cm.

e. CONTROLE

Contrôle de fabrication: Le contrôle portera sur toutes les étapes de la fabrication en centrale des bétons bitumineux: Stockage des matériaux, dosage des matériaux (granulat, bitume), température de malaxage des enrobés [11].

Contrôle de mise en œuvre ; le contrôle portera sur:

- La température de Répandage.
- La composition de l'enrobé (pourcentage de liant et granulométrie).

- Le contrôle de compactage (exécution des carottages et détermination de la compacité des carottes d'enrobés bitumineux).

IV.4.2 GRAVE BITUME «GB»

IV.4.2.1 DEFINITION

Les graves bitume 0/20 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur).

IV.4.2.2 DOMAINE D'UTILISATION

La technique des graves bitumes est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation), Réseau RP1 : Classes de trafic TPL3 à TPL7.

IV.4.2.3 CONSTITUANTS

Granulats: les classes granulaires utilisées pour la fabrication des graves bitumes 0/20 sont les suivantes coupures granulométriques : 0/3, 3/8, 8/14, 14/20, (Indice de concassage $I_c = 100\%$).

Bitume: classe du bitume = 40/50 (pour le RP1).

IV.4.2.4 FABRICATION

Les graves bitumes 0/20 sont fabriqués en centrales d'enrobage continues ou discontinues.

IV.4.2.5 MISE EN ŒUVRE ET CONTROLE

La même chose que celui de Les bétons bitumineux.

Epaisseurs technologiques de mise en œuvre: Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont : Epaisseur minimale = 10 cm, Epaisseur maximale=15cm [18].

IV.4.3 GRAVE NON TRAITEE «GNT»

IV.4.3.1 DEFINITION

Les GNT sont définies comme étant des graves 0/D, ne comportant pas de liant.

On distingue deux types de GNT suivant leur mode d'élaboration:

- Les GNT de type A sont obtenus en une seule fraction.
- Les GNT de type B sont des matériaux provenant du mélange d'au moins deux fractions granulométriques, malaxées et humidifiées en centrale.

IV.4.3.2 DOMAINE D'UTILISATION

Couches d'assises de chaussées (couche de base et couche de fondation) pour le réseau RP.

Couche de fondation pour le réseau RP1.

IV.4.3.3 CONSTITUANTS

Granulats: la granularité du GNT est de classe 0/20 et 0/31.5, Indice de concassage

Ic égale à 100%.

IV.4.3.4 FABRICATION

Les GNT sont produites à partir de roches massives concassées et criblées en carrières.

IV.4.3.5 MISE EN ŒUVRE

Répandage: Utiliser des engins produisant peu de ségrégation (épandeuse, finisseur, niveleuse).

Humidification: L'arrosage lorsqu'il est nécessaire, peut être exécuté sur un matériau ayant déjà subi un premier compactage. Ce dernier doit intervenir avant la fin du compactage.

La teneur en eau de mise en œuvre doit être comprise dans l'intervalle $W_{opm} -1$ à $W_{opm} +0.5$.

Compactage: Le compactage doit être réalisé de façon énergique, pour cela, utilisé: Les compacteurs vibrants ayant une masse par centimètre de génératrice vibrante (M1/L 30Kg/cm).

Les compacteurs à pneumatiques de 3 tonnes par roue au moins.

Protection de surface; grave non traitée devant supporter une autre assise:

- Maintenir l'humidité de surface, si besoin est, par arrosages légers mais fréquents.
- Eviter la circulation des véhicules de chantier sur l'assise.
- Mettre en œuvre le plus rapidement possible la couche suivante

GNT devant supporter une couche de roulement ou provisoirement une circulation :

- Outre les dispositions ci-dessus, réaliser directement sur celle-ci, un enduit superficiel.

Epaisseurs technologiques de mise en œuvre; Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont:

- Epaisseur minimale égale à 15 cm.

- Epaisseur maximale égale à 25 cm.

IV.5.3.1 CONTROLE

a- CONTROLE DE FABRICATION:

- Avant fabrication: Contrôler le matériel de la chaîne de fabrication; contrôler l'installation et les réglages initiaux de la centrale pour la GNT de type B.
- En cours de fabrication: Contrôler l'alimentation des concasseurs, la charge des cribles, la qualité de la production, et le chargement et stockage des matériaux.

b- CONTROLE DE MISE EN ŒUVRE :

Il s'agit de vérifier que:

- Les modalités définies lors des planches d'essai sont bien appliquées.
- La qualité du compactage.

V. 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 CTTP.

V.5.1 METHODE CBR

On a : $I_{CBR} = 5$ ce sol appartient dans (S3).

Pour passer au sol d'une bonne portance (S2) on ajoute une couche de forme de **40cm** du matériau non traité.

L'application de l'équation de la page 33 donne pour notre cas ce qui suit :

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

Log : logarithme décimal.

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

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

Avec : $\%PL = 30\%$, $\tau = 4\%$, $I_{CBR} = 5$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1+0.04)^m = \frac{4095}{2} (1+0.04)^{20} \Rightarrow T_H = 4487 \text{ V/J/sens}$$

$$N = 4487 \times 0.3 \Rightarrow N = 1347 \text{ Pl/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1347}{10})}{5 + 5} = 56.26$$

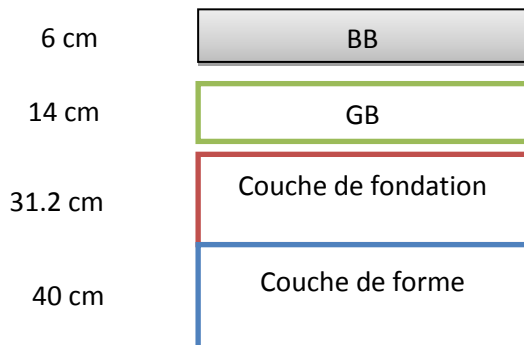
Donc : $E_{eq} = 60 \text{ cm}$

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

Tableau 3-10. Récapitulatif des résultats.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Epaisseur équivalente (cm)
BB	6	2	12
GB	14	1.2	16.8
GC	31.2	1	31.2
TOTAL	51.2		60

Notre structure comporte : **6BB + 14GB + 32.5GC**



V.5.2 METHODE DE CATALOGUE DES STRUCTURES «SETRA»

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

$$TJMA_{2012} = 4095 \text{ v/j} \Rightarrow TPL_{2012} = (4095 \times 0.3) / 2 = 615 \text{ PL/J/sens.}$$

$$TPL_{2030} = 615 \times (1 + 0.04)^{20} = 1348 \text{ PL/j/sens.}$$

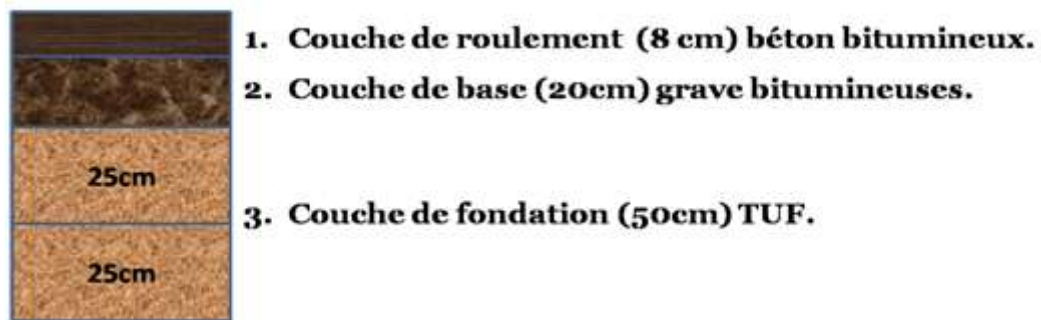
$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \Rightarrow T_c = 1348 \left[1 + \frac{(1 + 0.04)^{20+1} - 1}{0.04} \right] 365$$

$$T_c = 1.62 \cdot 10^7 \text{ PL/J/sens.}$$

Selon le Tableau 4.5, notre trafic est classé en T4.

Selon le Tableau 4.7, notre sol est classé en S3.

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

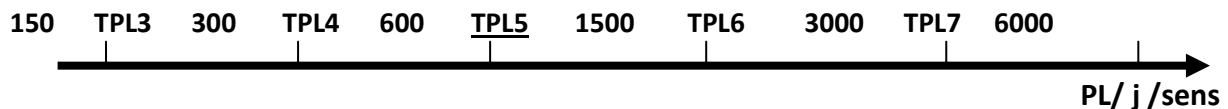


V.5.3 METHODE DU CATALOGUE DES CHAUSSEES NEUVES CTPP

V.5.3.1 DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC TPLI

$$TJMA_{2010} = 4095 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL} = \frac{4095 \times 0.3}{2} = 615 \text{ PL/J/sens.}$$

Classe TPLi pour RP1:



Pour RP1 : $600 < 615 < 1500 \Rightarrow \text{TPL5}$.

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL5.

V.5.3.2 CLASSE DE SOL SUPPORT

$$E = 6 \times \text{CBR} = 6 \times 5 = 30 \text{ MPA.}$$

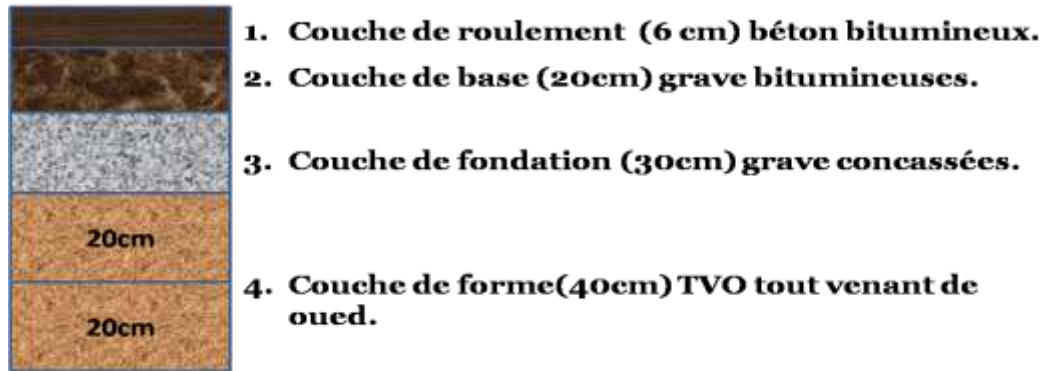
Selon les Tableaux 4.7 notre sol est classé en S3.

D'autre part Selon le Tableau 4.3, notre sol est classé en S2.

V.5.3.3 LA ZONE CLIMATIQUE

Pour notre projet la zone climatique II Selon la carte climatique de l'Algérie Par conséquent d'après les fiches structures pour le RP1 on obtient la structure suivante:

6BB + 20GB +30GC+40TVO (en deux couches).



VI. 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 + 14GB +31.2GC** avec une couche de forme de 40cm.

I. GENERALITE

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

II. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations [6].

- Respecter les normes de la ARP (aménagement des routes principales).
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.
- Appliquer les normes du B40.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- S'inscrire dans le couloir choisi.

III. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de clothoïde qui assure un raccordement progressif par nécessiter de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan est constitué par[19] :

- Desalignements (droits).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

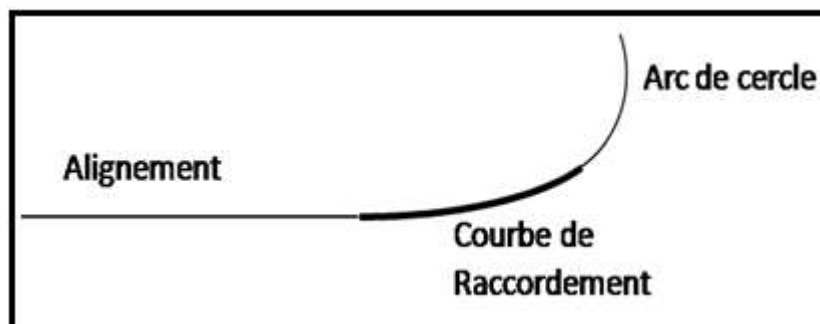


Figure 4-1.Les éléments du tracé en plan[19].

III.3.1 LES ALIGNEMENTS

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint (B40).

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de:

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

Règles concernant la longueur des alignements: il existe 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 cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle[13].

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

Avec:

V_B : vitesse de base en km/h.

Une longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes.

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

III.3.2 ARC DE CERCLE

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe (Jean Berthier, Technique de l'ingénieur):

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

III.3.2.1 STABILITE EN COURBE

Dans un virage les rayons et leur devers doivent permettre à une véhicule roulant à la vitesse de référence V_B subir l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité

du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

Les rayons en plans dépendant de facteurs[11]:

- Force centrifuge FC.
- Poids de véhicule P.
- Accélération de la pesanteur g.
- Devers d.

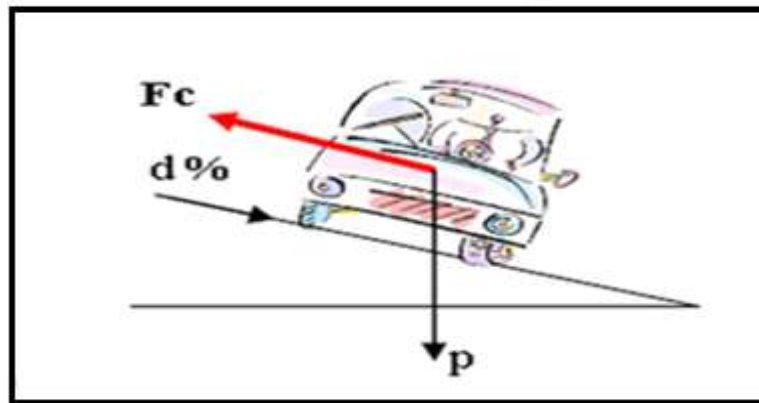


Figure 4-2.Force centrifuge[4]

III.3.2.2 RAYON HORIZONTAL MINIMAL ABSOLU (RHM)

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal[6]:

$$R_{H\min} = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{\max})}$$

Ainsi pour chaque V_r on définit une série de couple (R, d).

Avec :

$R_{H\min}$: rayon horizontal minimal.

V_r : vitesse de référence.

f_t : frottement transversal.

$d_{\max}$: dévers maximal.

III.3.2.3 RAYON MINIMAL NORMAL(RHN)

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

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20 km/h de rouler en sécurité[6].

III.3.2.4 RAYON AU DEVERS MINIMAL (RHD)

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit[6].

Dévers associé :

$d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1-2.

$d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3 – 4

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 * 2 * d_{\min}}$$

III.3.2.5 RAYON MINIMAL NON DEVERSE (RHND)

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (R_{hnd})[6].

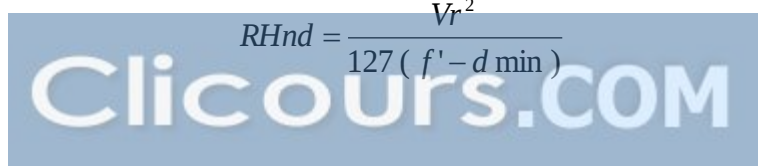
Pour catégories 1 et 2

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 * 0,035}$$

Pour catégories 3-4 et 5

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 (f' - d_{\min})}$$

Avec :



$f^* = 0.07$ catégories 3

$f^* = 0.075$ catégories 4 et 5

III.3.2.6 REGLES POUR L'UTILISATION DES RAYONS EN PLAN

Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant des valeurs de rayon $\geq$ à RHn que possible.

Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près entre $d_{\max}$ et d (RHm).

Si $RHm < R < RHn$:

$$d = \frac{d_{\max} - d(RHn)}{(1/RHn - 1/RHd)} (1/R - 1/RH_{\max}) + d_{\max}$$

Entre d (RHn) et $d_{\min}$ si $RHn < R < RHd$

$$d = \frac{d(RHn - d_{\min})}{(1/RHn - 1/RHd)} (1/R - 1/RHd) + d_{\min}$$

Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal $d_{\min}$.

Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

Remarque :

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

Tableau4-1. Rayons du tracé en plan[6].

paramètres	symboles	valeurs
Vitesse de référence (km/h)	V	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

III.3.2.7 SUR LARGEUR

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète pas sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une largeur par rapport à sa largeur normale en alignement[6].

$$S = L^2 / 2R$$

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

R : rayon de l'axe de la route

Tableau 4-2. Valeurs des sur largeurs[6].

Rayon (m)	Sur largeur (m)
40	1.25
45	1.00
60	1.00
80	0.5
100	0.5
160	0.25
180	0.25

III.3.3 LES RACCORDEMENTS PROGRESSIFS (CLOTHOIDE)

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle liés entre eux, par des tronçons de raccordement à courbure progressif, passant de la courbure 0 (R = infini) à l'extrémité de l'alignement à la courbure 1/R au début du cercle du virage[11].

III.3.3.1 ROLE ET NECESSITE DES COURBES DE RACCORDEMENT

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

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

III.3.3.2 TYPES DE COURBE DE RACCORDEMENT

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes[20] :

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

a. PARABOLE CUBIQUE

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

b. LEMNISCATE

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

c. CLOTHOÏDE

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue des l'origine où il est infini jusqu' au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

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

c.1 EXPRESSION MATHEMATIQUE DE LA CLOTHOÏDE

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne.

$$K=C.L: K=\frac{1}{R}\Rightarrow L.R=\frac{1}{C}\Rightarrow \frac{1}{R}=C.L$$

$$\text{On pose: } \frac{1}{C}=A^2$$

$$L.R=A^2$$

c.2 ELEMENT DE CLOTHOÏDE

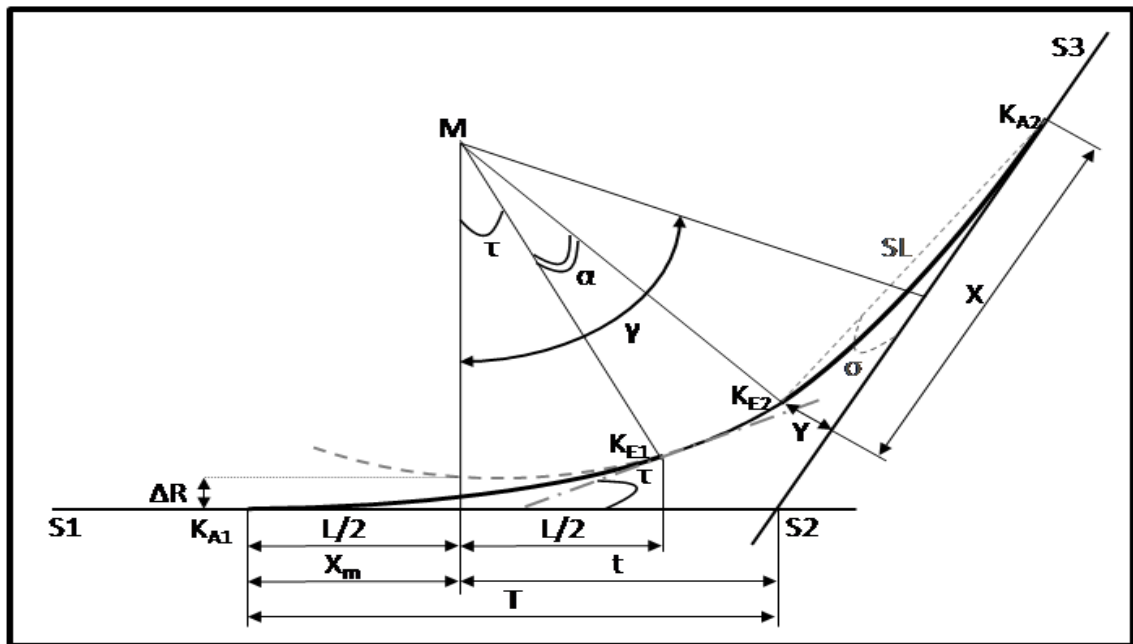


Figure4-3.Elément de la clothoïde[6].

R : rayon du cercle.

ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).

σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).

L : longueur de la branche de la clothoïde.

X_m : Abscisse du centre du cercle.

KE : Extrémité de la clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

KA : Origine de la clothoïde.

τ : Angle des tangentes.

SL : Corde ($KA - KE$).

M : Centre de cercle.

X : Abscisse de KE .

Y : Origine de KE .

t : tangente courte.

T : tangente longue.

IV. LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes [6]:

IV.4.1 CONDITION DE CONFORT OPTIQUE

Cette condition a pour objet d'assurer une vue satisfaisante de la route et de ses Obstacles éventuels et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la Courbure de traces de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

L'orientation de la tangente doit être supérieure ou égale à 3 pour être perceptible à L'œil.

$\tau > 3^\circ$ soit $\tau > 1/18$ rads

$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9$ soit $A > R/3$

$$R > A \geq R/3$$

D'après les règles générales de B(40):

➤ $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) $L = \sqrt{24.R.\Delta R}$

➤ $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $L \geq R/9$

➤ $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2.5\text{m}$ $L = 7.75\sqrt{R}$

IV.4.2 CONDITION DE CONFORT DYNAMIQUE

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours Δt du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L \text{ (m)} \geq \frac{V_R^2}{18} \left(\frac{V_R^2}{127} - \Delta d \right)$$

Avec:

VB: vitesse de base (km/h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

IV.4.3 CONDITION DE GAUCHISSEMENT

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

$$L \geq I.\Delta d.V_B$$

Avec:

L: Longueur de raccordement.

l: Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

Remarque :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire 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 demie -chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2%. $L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_B}{36}$

Ainsi : (L en m, Δd en %, et V en km/h).

V. NOTION DE DEVERS

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe[20].

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules.

Lorsqu' ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

V.6.1 DEVERS EN ALIGNEMENT

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

V.6.2 DEVERS EN COURBE

En courbe permet de:

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

- Améliorer le guidage optique.

V.6.3 RAYON DE COURBURE

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

V.6.4 CALCUL DES DEVERS

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon $R < R_{Hnd}$ un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en $1/R$.

$$R_{Hm} < R < R_{Hn} \quad \text{on a:} \quad \frac{d(R) - d(R_{Hm})}{1/R - 1/R_{Hm}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{Hn})}{1/R_{Hm} - 1/R_{Hn}}$$

$$R_{Hn} < R < R_{Hd} \quad \text{on a:} \quad \frac{d(R) - d(R_{Hd})}{1/R - 1/R_{Hd}} = \frac{d(R_{Hn}) - d(R_{Hd})}{1/R_{Hn} - 1/R_{Hd}}$$

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

VI.6.4.1 RACCORDEMENT DE DEVERS:

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

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

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

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

D_{min} : Appelée longueur de gauchissement.

- Pour les courbes en (S), il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.

- Pour les courbes de raccordement de dévers entre deux courbes de même sens le dévers peut unique peut être conservé.

VI. LA VITESSE DE RÉFÉRENCE DE BASE

La vitesse de référence (V_B) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route[6].

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

VII.7.1 CHOIX DE LA VITESSE DE REFERENCE

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

VII.7.2 VITESSE DE PROJET

La vitesse de projet V_B 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.

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 normales.

D'après le tableau de B40 en choisir $V_B = 80$ km/h.

VII. CALCUL D'AXE

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:

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

VIII.8.1 EXEMPLE DE CALCUL D'AXE MANUELLEMENT

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe à début de notre projet.

Tableau 4-3. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

Les stations	X(m)	Y(m)	R(m)	V _B (km/h)
S1(P1)	1002248.3602	2012105.9930	R=450	V _B =80
S0(P13)	1002009.2970	2012074.0904		
S2(P30)	1001637.5718	1001637.5718		

VIII.8.2 CARACTERISTIQUES DE LA COURBE DE RACCORDEMENT

III.8.2.1 DETERMINATION DE A

Selon le règlement B40 on a :

$$R < R_{\text{hd}} 450 < 1400 \text{m} \quad \Longrightarrow \quad R/3 < A < R$$

$$\Longrightarrow 450/3 < A < 450$$

$$\Longrightarrow 150 < A < 450$$

III.8.2.2 DETERMINATION DE LA VALEUR MINIMALE DE L (LONGUEUR DE LA CLOTHOIDE)

a- CONDITION DE CONFORT OPTIQUE

$$R=450\text{m} \leq 1400\text{m} \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

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

$$L \geq \sqrt{24 \times 450 \times 1} = 103.92\text{m}$$

$$\text{Donc: } L = 103.92\text{m} \dots\dots\dots(1)$$

b- CONDITION DE CONFORT DYNAMIQUE

$$R_{\text{HN}} \leq R \leq R_{\text{Hd}}$$

$$\Delta d = d - (-2.5) \quad d = ?$$

$$d = d_{\text{min}} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{\text{Hd}}} \right) \times \frac{d_{\text{min}} - d_{\text{RHN}}}{\frac{1}{R_{\text{Hd}}} - \frac{1}{R_{\text{HN}}}}$$

$$d = 0.025 + \left(\frac{1}{450} - \frac{1}{1000} \right) \times \frac{0.025 - 0.05}{\frac{1}{1000} - \frac{1}{450}} = 5\%$$

$$\text{Donc: } d = 5\%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 5 - (-2.5) = 7.5 \%$$

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \times \left(\frac{V_B^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right) \Rightarrow L \geq \frac{80^2}{18} \times \left(\frac{80^2}{127 \times 450} - 0.075 \right) = 13.15\text{m}$$

$$\text{Donc : } L = 13.15\text{m} \dots\dots\dots(2)$$

c- CONDITION DE GAUCHISSEMENT

$$L \geq l \times \Delta d \times V_B \Rightarrow L \geq 7 \times 0.075 \times 80 = 42\text{m}$$

$$\text{Donc: } L = 42\text{m} \dots\dots\dots(3)$$

D'où 1, 2 et 3 on aura: $L = 103.92\text{m}$

VIII.8.2.3 CALCUL DU PARAMETRE (PAR)

On sait que $A^2 = \text{Par} \times R$

$$\Rightarrow \text{Par} = A^2 / R$$

On prend : $A = 280.62\text{m}$

$$\text{Par} = 280 \times 62^2 / 450$$

$$\text{Par} = 175 \text{ m}$$

VIII.8.2.4 CALCUL DE ΔR

$$\Delta R = L^2 / (24 \times R) = 103.92^2 / (24 \times 450) = 0.999 = 1\text{m}$$

VIII.8.2.5 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.

$$S_0 S_1 \begin{cases} |\Delta X| = |X_{S_0} - X_{S_1}| = 902037.0632 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S_0} - Y_{S_1}| = 31.9026 \text{ m} \end{cases}$$

$$S_0 S_2 \begin{cases} |\Delta X| = |X_{S_0} - X_{S_2}| = 901437.2748 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S_0} - Y_{S_2}| = 70.25 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{S_1}^{S_0} = \text{arctg} \left(\frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} \right) \Rightarrow G_{S_0}^{S_1} = 200 + \text{arctg} \left(\frac{|902048.063|}{|31.9026|} \right)$$

$$G_{S_1}^{S_0} = 300 \text{ grades}$$

$$G_{S_2}^{S_0} = \text{arctg} \left(\frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} \right) \Rightarrow G_{S_2}^{S_3} = \text{arctg} \left(\frac{|901437.27|}{|70.25|} \right)$$

$$G_{S_2}^{S_3} = 100 \text{ grades}$$

VIII.8.2.6 CALCUL DE L'ANGLE γ

$$\gamma = |G_{S_1}^{S_0} - G_{S_2}^{S_0}| = |300 - 100| = 200 \text{ grades}$$

Donc : $\gamma = 200 \text{ grades}$

VIII.8.2.7 CALCUL DE L'ANGLE τ

$$\tau = \frac{L}{2 \times R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{103.93}{2 \times 450} \times \frac{200}{\pi} = 7.354 \text{ grads}$$

Donc : $\tau=7.354\text{grads}$

VIII.8.2.8 VERIFICATION DE NON CHEVAUCHEMENT

$$2.\tau = 2 \times 7.355 = 14.71\text{gr}$$

$2.\tau \leq \gamma \Rightarrow$ pas de chevauchement.

$$\gamma = 200\text{gr}$$

VIII.8.2.9 CALCUL DES DISTANCES

$$\overline{s1\ s0} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{902048.063^2 + 31.9026^2} = 902048.063\text{m}$$

$$\overline{s0\ s2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{901437.27^2 + 70.25^2} = 901437.273\text{m}$$

VIII.8.2.10 CALCULE DE L'ABSCISSE DU CENTRE DU CERCLE

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = \frac{175 \times 175}{2 \times 450} = 34.03\text{m}$$

VIII.8.2.11 ABSCISSE DE KE

$$x = L \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2} \right) = 68.06 \left(1 - \frac{68.06^2}{40 \times 450^2} \right) = 68.02\text{m}$$

VIII.8.2.12 ORIGINE DE KE

$$y = \frac{L^2}{6.R} = \frac{68.06^2}{6 \times 450} = 1.716\text{m}$$

VIII.8.2.13 CALCULE DE LA TANGENTE

$$T = X_m + (R + \Delta R) \text{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) = 34.03 + (450 + 1) \text{tg} \left(\frac{200}{2} \right) = 34.03\text{m}$$

VIII.8.2.14 CALCUL DES COORDONNEES SL

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{68.02^2 + 1.716^2} = 68.04\text{m}$$

VIII.8.2.15 CALCUL DE σ

$$\sigma = \text{arctg} \left(\frac{y}{x} \right) = \text{arctg} \left(\frac{1.716}{68.02} \right) = 1.6057\text{gr}$$

VIII.8.2.16 CALCUL DE L'ARC

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 200 - 14.71 = 185.29 \text{ grades}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{450 \times \pi \times 185.29}{200} = 1309.073 \text{ m}$$

VIII.8.2.17 CALCUL DES COORDONNEES DES POINTS SINGULIERS

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - (\overline{s1 \ s0} - T) \cos(300 - G_{S1}^{S0}) \\ Y_{KA1} = Y_{S1} - (\overline{s1 \ s0} - T) \sin(300 - G_{S1}^{S0}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA1} = 1002248.3602 - (450 - 34.03) \cos(300 - 300) = 1001832.3902 \text{ m} \\ Y_{KA1} = 2012105.9930 - (450 - 34.03) \sin(300 - 300) = 2011690.023 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} - T \cos(300 - G_{S2}^{S0}) \\ Y_{KA2} = Y_{S2} - T \sin(300 - G_{S2}^{S0}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = 1001637.5718 - 34.03 \cos(300 - 100) = 1001671.6018 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 2012144.3404 - 34.03 \sin(300 - 100) = 2012144.3404 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos(300 - \sigma - G_{S1}^{S0}) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL \sin(300 - \sigma - G_{S1}^{S0}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = 1001832.3902 - 68.04 \cos(300 - 1.6057 - 300) = 1001764.372 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 2011690.023 - 68.04 \sin(300 - 1.6057 - 300) = 2011691.739 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL \sin(G_{S2}^{S0} - \sigma - 200) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos(G_{S2}^{S0} - \sigma - 200) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = 1001671.6018 + 68.04 \sin(100 - 1.6057 - 200) = 1001603.583 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 2012144.3404 + 68.04 \cos(100 - 1.6057 - 200) = 2012142624 \text{ m} \end{cases}$$

I. GENERALITE

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique.

Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants. La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet.

II. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte –sauf dans des cas exceptionnels- lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes [6]:

- 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.

III. LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer [6]:

L'altitude du terrain naturel.

- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet. etc.....

IV. COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG

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

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
 - D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
 - D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
 - Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
 - De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

V. DECLIVITES

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec L'horizontale. Elle prend la nomade pente pour les descentes et rampe pour les montées[6].

V.5.1 DECLIVITE MINIMUM

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes:

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

V.5.2 DECLIVITE MAXIMUM

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).

Donc, La déclivité maximale dépend de:

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Tableau5-1.La pente maximale en fonction de la vitesse de référence[6]

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

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

VI. 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 y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords:

- Les raccordements en angle saillant (convexes).
- Les raccordements en angles rentrants (concaves).

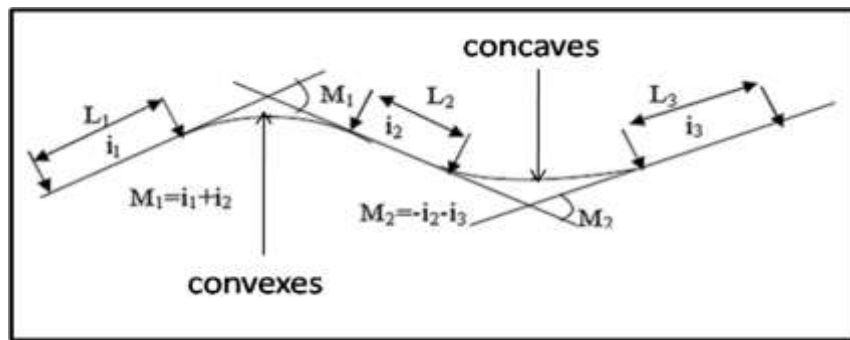


Figure5-1. Les éléments géométriques du profil en long[17].

VI.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 et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

VI.6.1.1 CONDITION DE CONFORT

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

Limitation de l'accélération verticale [6]:

$g/40$ pour cat 1-2

$$V_r^2/R_v < g/40$$

Pour $g=10\text{m/s}$

$$R_v \min = \begin{cases} 0.3V_r^2 & \text{pour cat 1-2} \\ 0.23V_r^2 & \text{pour cat 3-4-5} \end{cases}$$

Dans notre cas[13]:

$$R_v \min = 0.3 V_r^2$$

Avec :

R_v : rayon vertical (m).

V_r : vitesse référence (Km/h).

$$R_v \min \geq 0.3 \times V_B^2 \quad \Rightarrow \quad R_v \min \geq 0.3 \times 80^2$$

$$\Rightarrow R_{v_{\min}} \geq 1920 \text{ m}$$

VI.6.1.2 CONDITION DE VISIBILITE

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

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante [6]:

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

Avec :

D_1 : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

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

$$\text{On trouve: } R_v = 0.24 D_1^2$$

VI.6.2 RACCORDEMENTS CONCAVES ANGLE RENTRANT

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

Cette condition s'exprime par la relation [6]:

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

Avec :

R'_v : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

VI.6.2.1 CONDITION ESTHETIQUE

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des devers $d < 10\%$ (spécial échangeur)[6]:

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

Avec:

Δd : changement des devers.

R_{vmin} : rayon vertical minimal.

VII. CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG

Pour le cas de la RN06, on a respecté les paramètres géométriques concernant Les rayon verticaux minimaux absolus et normaux lors de ma conception longitudinal sont comme se suit:

Tableau5-2. Rayons verticaux[6].

Catégorie et environnement		C2,E2
Vitesse de référence (km/h) Vr		80
Rayon en angle saillant (Rv1)	Minimal absolu Rvm1	4500
	Minimal normal Rvn1	10000
Rayon en angle rentrant (R'v)	Minimal absolu R'vm	2400
	Minimal normal R'vn	3000
Déclivité maximale imax (%)		6

VIII. DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle[21] :

$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$$

A 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 P_1 de la droite (A_S).
- Donnée la pente P_2 de la droite (D_S).
- Donnée le rayon R.

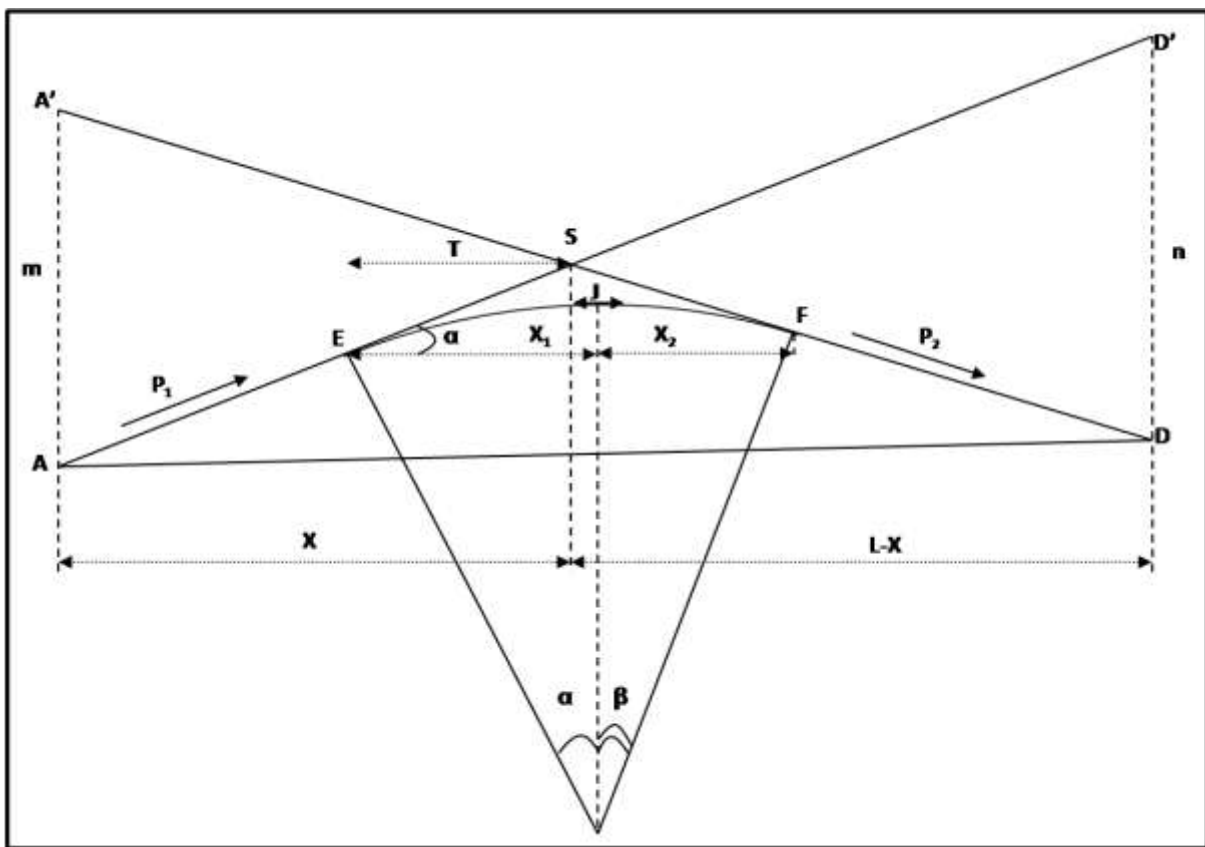


Figure5-2. Schéma de la courbe du profil en long[6].

VIII.8.1 DETERMINATION DE LA POSITION DU POINT DE RENCONTRE S

$$Z_A = Z_D' + Lp_2, \quad m = Z_A' - Z_A$$

$$Z_D = Z_A' + Lp_1, \quad n = Z_D - Z_D'$$

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

$$m/n = x/(L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n+m).$$

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

VIII.8.2 CALCUL DE LA TANGENTE

$$T = R/2 (p_1 \pm p_2)$$

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 B et C.

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_C = X_S - T \\ Z_C = Z_S - T p_2 \end{cases}$$

VIII.8.3 PROJECTION HORIZONTALE DE LA LONGUEUR DE RACCORDEMENT

$$LR = 2T$$

VIII.8.4 CALCUL DE LA FLECHE

$$H = T^2 / 2R$$

VIII.8.5 CALCUL DE LA FLECHE ET L'ALTITUDE D'UN POINT COURANT M SUR LA COURBE

$$M \begin{cases} H_X = X^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X p_1 - X^2 / 2R \end{cases}$$

VIII.9.1 CALCUL DES CORDONNEES DU SOMMET DE LA COURBE T

Le point (J) correspond aux points le plus hauts de la tangente horizontale.

$$X_J = X_E + R \cdot P_1$$

$$\begin{cases} X_1 = R p_1 \\ X_2 = R p_2 \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R \cdot p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2 / 2R \end{cases}$$

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)[21].

IX. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG

IX.9.1 CAS D'UN RAYON CONVEXE

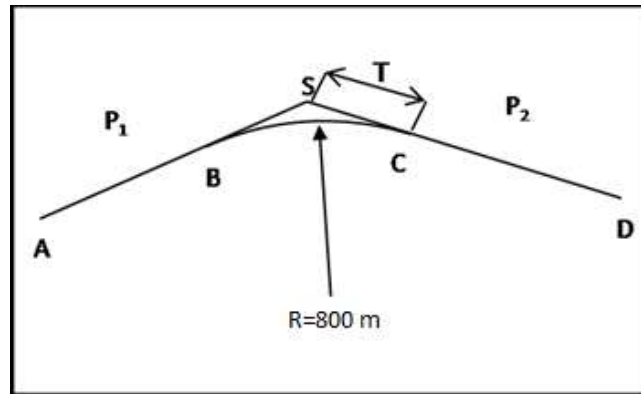


Figure5-3. Cas d'un rayon convexe.

Cas d'un rayon convexe		
R=800m		
	Pk(m)	Z(m)
A	4255.16	498.36
S	4398.15	502.43
D	4514.40	500.00

IX.9.1.1 CALCUL DES PENTES

$$P1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta PK_1} \times 100 \Rightarrow P1 = \frac{502.43 - 498.36}{4398.15 - 4255.16} = 2.85\%$$

$$P2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100 \Rightarrow P2 = \frac{500.00 - 502.43}{4514.40 - 4398.15} = -2.09\%$$

IX.9.1.2 CALCUL DES TANGENTES

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2| = \frac{800}{2} |(0.0285) - (-0.0209)| = 19.76\text{m}$$

Donc : $T = 19.76\text{m}$

IX.9.1.3 CALCUL DES FLECHES (BISSECTRICE)

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{(19.76)^2}{2 \times 800} = 0.24\text{m}$$

Donc : $H = 0.24\text{m}$

IX.9.1.4 CALCUL DES COORDONNEES DES POINTS DE TANGENTES

$$B \begin{cases} PK_B = PK_S - T = 4398.15 - 19.76 = 4378.39\text{m} \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 502.42 - (19.76 \times 0.0285) = 501.85\text{m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} PK_C = PK_S + T = 4398.15 + 19.76 = 4417.91\text{m} \\ Z_C = Z_S + T \cdot P_2 = 502.42 + 19.76 \times (-0.0209) = 500.00\text{m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} PK_J = PK_B - R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_B + R \cdot P_1 \cdot P_1 - \frac{(R \cdot P_1)^2}{2R} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} PK_J = 4378.39 - 800 \times 0.0285 = 4355.60\text{m} \\ Z_J = 501.85 + 800 \times 0.0285 \times 0.0285 - \frac{(800 \times 0.0285)^2}{2 \times 800} = 479.3749\text{m} \end{cases}$$

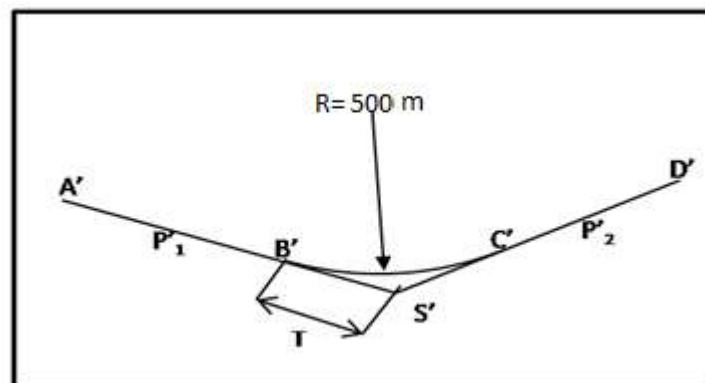
IX.9.2 CAS D'UN RAYON CONCAVE

Figure5-3. Cas d'un rayon concave.

Cas d'un rayon concave		
R=500m		
	Pk(m)	Z(m)
A'	2602.83	491.10
S'	2765.00	489.76
D'	2915.08	487.35

IX.9.2.1 CALCUL DES PENTES

$$P'_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta PK_1} \times 100 \Rightarrow P'_1 = \frac{489.76 - 491.10}{2765.00 - 2602.83} \times 100 = 0.82\%$$

$$P'_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100 \Rightarrow P'_2 = \frac{487.35 - 489.76}{2915.08 - 2765.00} \times 100 = -1.60\%$$

IX.9.2.2 CALCUL DES TANGENTES

$$T = \frac{R}{2} |P'_1 - P'_2| = \frac{500}{2} |(-0.0082) - (-0.0160)| = 65m$$

Donc : T=1.95m

IX.9.2.3 CALCUL DES FLECHES

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{(1.95)^2}{2 \times 500} = 0.0038m$$

Donc : H=0.0038m

IX.9.2.4 CALCUL DES COORDONNEES DES POINTS DE TANGENTES

$$B' \begin{cases} PK_{B'} = PK_S - T = 2765 - 1.95 = 2763.05m \\ Z_{B'} = Z_{S'} - T \cdot P'_1 = 489.76 - 1.95 \times 0.0082 = 489.74m \end{cases}$$

$$C' \begin{cases} PK_C = PK_S + T = 2765 + 1.95 = 2766.95m \\ Z_C = Z_S + T \cdot P'_2 = 489.76 + 1.95 \times (-0.0160) = 489.73m \end{cases}$$

$$J \begin{cases} PK_J = PK_B - R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_B + R \cdot P_1 \cdot P_1 - \frac{(R \cdot P_1)^2}{2R} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} PK_J = 2763.05 - 500 \times (-0.082) = 2804.05\text{m} \\ Z_J = 489.74 + 500 \times (-0.082) \times (-0.082) - \frac{(500 \times (-0.082))^2}{2 \times 500} = 491.38\text{m} \end{cases}$$

CONCLUSION:

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 du J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J (A) et J(D).

I. GENERALITE

Le profil en travers est le levé perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical. La plateforme des routes comprend: les chaussées, les accotements latéraux et éventuellement un terre-plein central.

Le profil en travers doit être tel qu'il puisse assurer à tout moment l'écoulement du Trafic actuel et prévisible dans de bonnes conditions de sécurité et de confort, et ainsi l'évacuation rapide des eaux de pluie.

Il existe deux types de profil en travers qui sont:

Profil en travers type: est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la route notamment les dimensions de la route, ses dépendances la structure de chaussée, sa composante ainsi que les épaisseurs.

Un profil en travers courant: s'applique au PK indiqué, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la route au PK considéré, notamment cote terrain naturel (TN), cote de projet .devers de la chaussée.

II. LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS

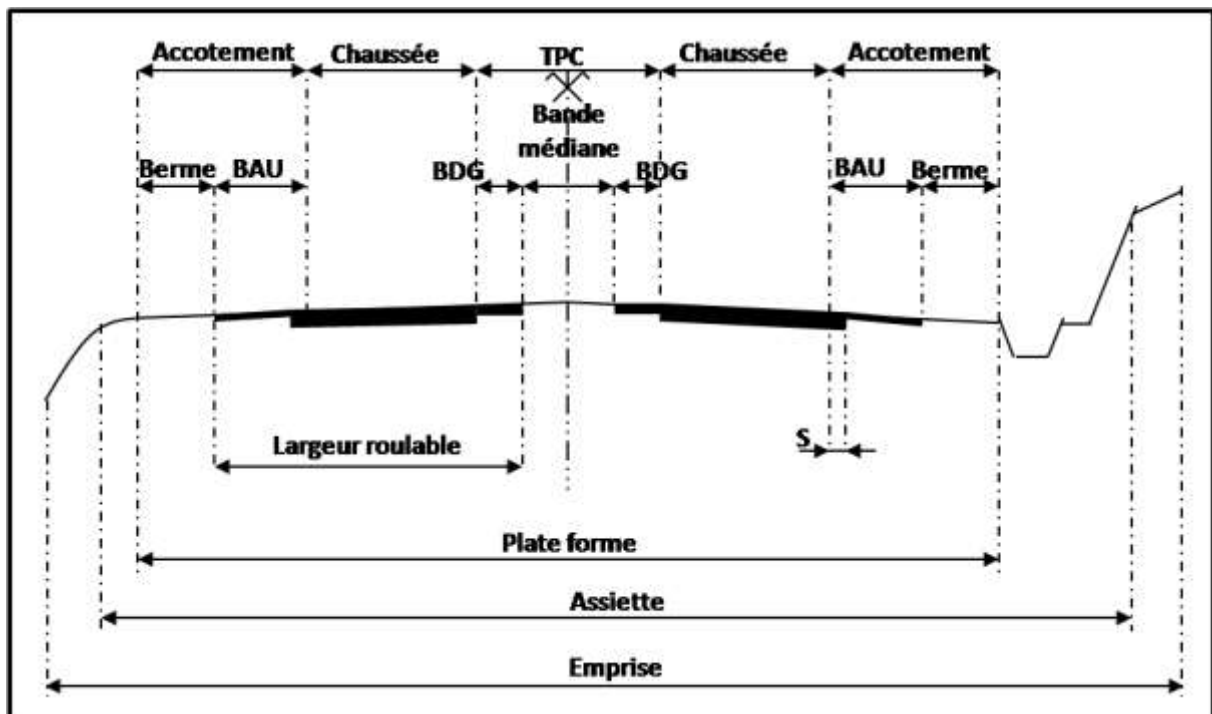


Figure6-1. Éléments du profil en travers normal [22].

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants [22] :

II.2.1 LA CHAUSSEE

Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.

II.2.2 LA LARGEUR ROULABLE

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

II.2.3 LA PLATEFORME

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de Remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

II.2.4 ASSIETTE

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

II.2.5 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....), Coïncidant généralement avec le domaine public.

II.2.6 ACCOTEMENTS

Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.

- bande d'arrêt d'urgence: Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- la berme: Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

II.2.7 LE TERRE-PLEIN CENTRAL T.P.C

Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- bande dérasée de gauche (B.D.G):Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée.
- bande médiane : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

II.2.8 LE FOSSE

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement Provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

III. LES PENTES TRANSVERSALES (LES DEVERS)

En alignement droit ou pratiquement droit, la pente transversale de la chaussée doit être comprise entre 2° et 3° pour faciliter l'écoulement des eaux [22].

Les zones de variation de dévers doivent être traitées avec un soin particulier de façon à assurer un bon écoulement des eaux.

Le dévers ou pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface, il contribue à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%). Au-delà de cette valeur plafond, d'autres problèmes surviennent et notamment des difficultés constructives et exploitation. En période hivernal.

IV. PROFIL EN TRAVERS DE NOTRE ROUTE

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route de la RN06 sera constituée de:

- Deux chaussées de deux voies de 3,5m chacune : $(2 \times 3.5) = 7.00\text{m}$.
- Un accotement de 1.50m à chaque côté droit de la chaussée : $(2 \times 1.50) = 3.00\text{m}$.

La largeur de la plateforme de la route est de 10.00m.

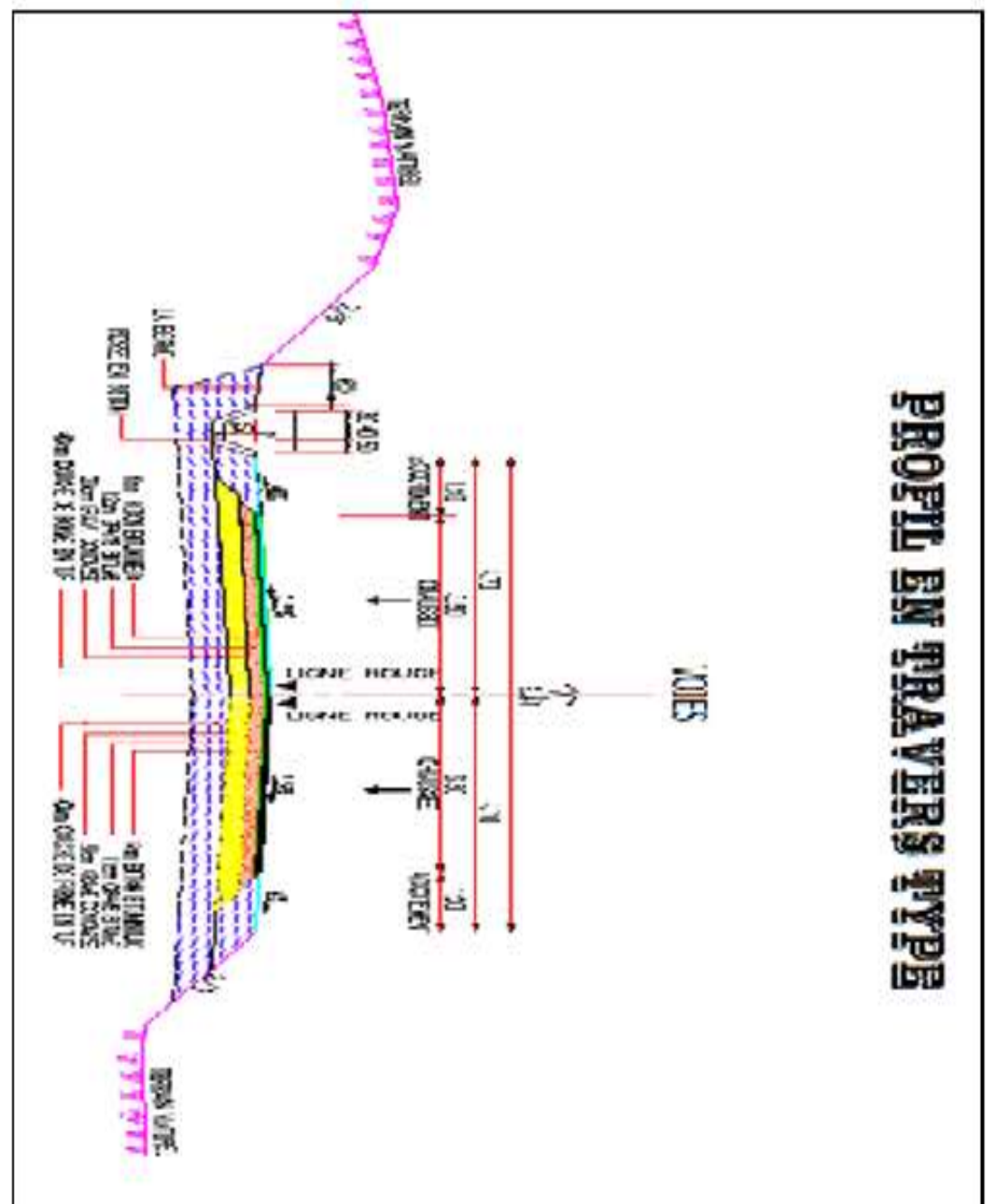


Figure 6.2. Profil en travers types.

V. CNCLUSION :

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....).

I. GENERALITE

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).

II. 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.

III. METHODE DE CALCUL 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 simplifie le calcul.

Le travail consiste à calculer les surfaces (SD) et (SR) pour chaque profil en travers, en suite 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.

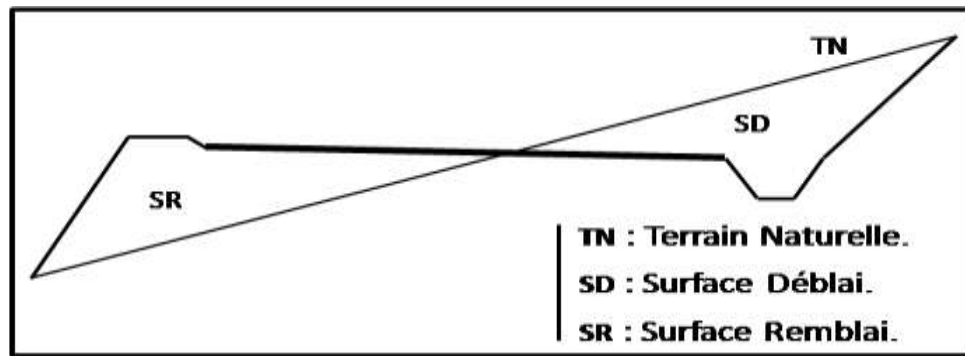
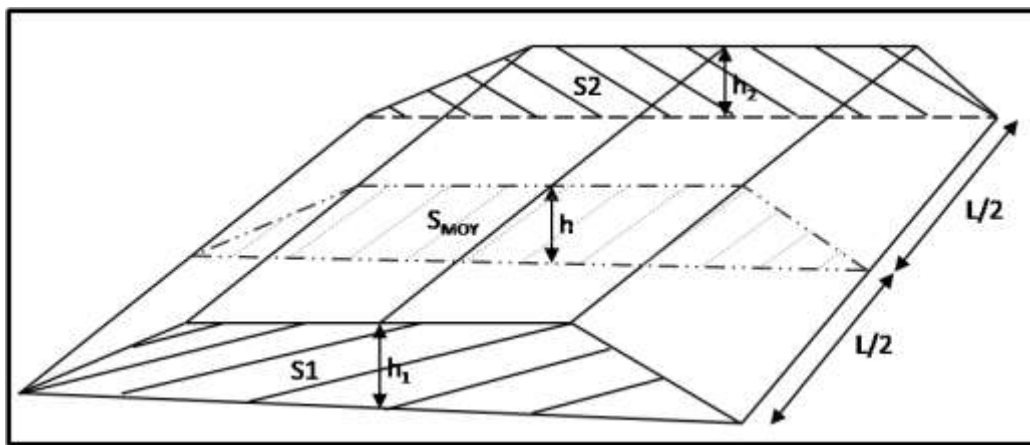


Figure7-1. Profil en travers mixte[5].

III.3.1 FORMULE 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.

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



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:

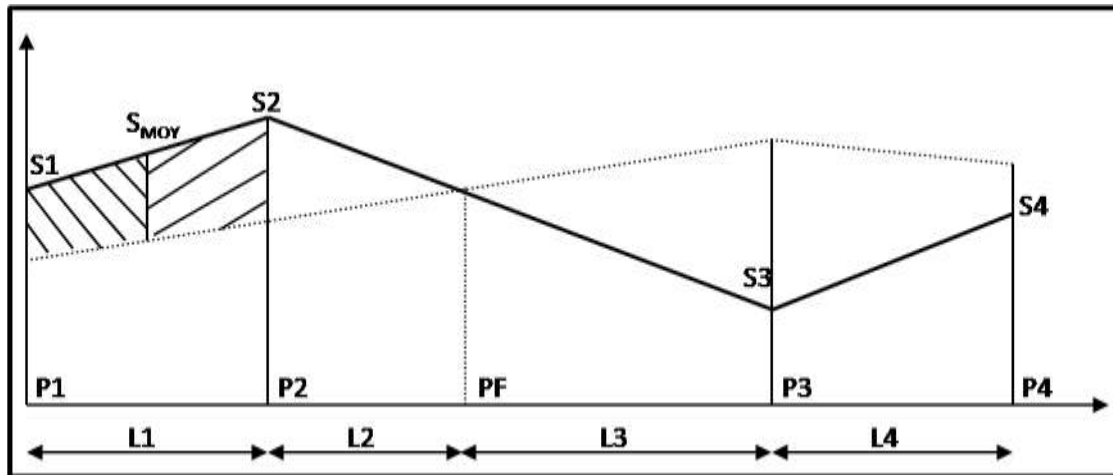


Figure7-2. Profil en long [5].

- PF: profil fictif, 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 voisine les deux expressions SMOY et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Cecidonne:

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

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:

$\frac{L_1}{2}, \frac{L_1+L_2}{2}$ 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.

III.3.2 METHODE 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.

IV. conclusion

Le choix du matériel utilisé pour ces travaux de terrassements se fait en fonction de la nature, du volume des matériaux et de la distance de transport.

Il faut noter enfin que le contrôle de la qualité des travaux de terrassements est primordial lors de la réalisation de grandes infrastructures pour limiter raisonnablement les travaux de maintenance ultérieurement.

REMARQUE :

Les résultats de calcul cubature sont joints en annexe.

I. GENERALITE

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 l'insécurité de l'usager (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 provoqués par les eaux sont engendrés comme suit:

I.1.1 POUR LES CHAUSSEES

- 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).

I.1.2 POUR LES TALUS

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

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements[30].

II. 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 (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosion.
- 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).

III. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations.

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).

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût[24].

III.3.1 FOSSE DE PIED DU TALUS DE DEBLAI

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

III.3.2 FOSSE DE CRETE DE DEBLAI

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

III.3.3 FOSSE DE PIED DU TALUS DE REMBLAI

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau[25].

III.3.4 DRAIN

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant de route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire

en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet[26].

III.3.5 DESCENTES D'EAU

Dans les sections route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

IV. DEFINITION DES TERMES HYDRAULIQUES

IV.4.1 BASSIN VERSANT

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

IV.4.2 COLLECTEUR PRINCIPAL (CANALISATION)

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

IV.4.3 CHAMBRE DE VISITE (CHEMINEE)

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

IV.4.4 SACS

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

IV.4.5 GUEULE DE LOUP, GRILLE D'INTRODUCTION ET GUEULARD

Dispositifs constructifs permettant l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

IV.4.6 FOSSES DE CRETES

C'est un outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

IV.4.7 DECENTE D'EAU

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

IV.4.8 LES REGARDS

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres[34].

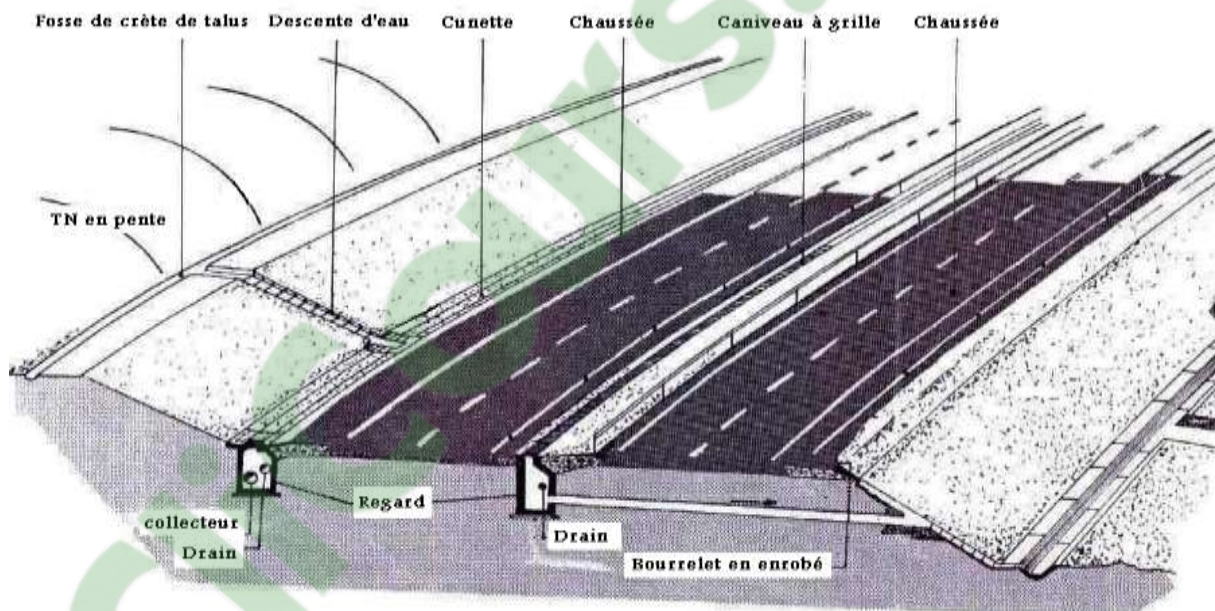


Figure8-1. Figure présente les différents termes hydrauliques [27].

V. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le début de saturation de chaque type d'ouvrage.

V.5.1 ESTIMATION DE DEBIT D'APPORT QA

Le débit d'apport est calculé en appliquant 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 (m²).

V.5.1.1 DETERMINATION DE L'INTENSITE DE LA PLUIE IT

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^\beta$$

Et: $\beta = b - 1$

Avec:

I : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : temps de concentration (h).

L'intensité horaire I:

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

Avec:

P (t) : Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

Temps de concentration t_c:

➤ Si A < 5 km², selon VENTURA:

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

➤ Si 5 km² ≤ A < 25 km², 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.p.m).

L : Longueur de bassin versant (km).

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

Pluie journalière maximale annuelle Pj:

Pluie journalière maximale annuelle Pj 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:

Pj_{moy} : pluie moyenne maximum journalière.

C_v : coefficient de variation climatique.

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

Tableau8-1. Variation de Gauss [27]

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0	0,84	1,28	2,05	2,372

- 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.

V.5.1.2 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:

Tableau8-2. Coefficient de ruissellement [27].

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement ou sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

V.5.2 DEBIT DE SATURATION

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler [35] :

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

Avec:

S : section mouillée.

K_{ST} : coefficient de STRICKLER.

$K_{ST} = 70$ pour les dalots.

$K_{ST} = 80$ pour les buses.

R_H : rayon hydraulique (m) $R_H = S/p$.

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

V.5.3 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[33].

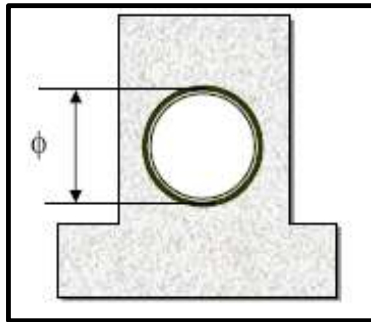


Figure8-2.Buses[26].

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

Avec:

$$S_m: \text{section mouillée, } S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

$$R_h : \text{rayon hydraulique, } R_h = \frac{R}{2}$$

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

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

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{R}{2} \right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times J^{1/2}$$

$Q_s = Q_a$ On trouve:

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_s}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\phi = 2R$.

V.5.4 DIMENSIONNEMENT DES DALOTS

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$ [26].

On à:

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0.8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$$

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

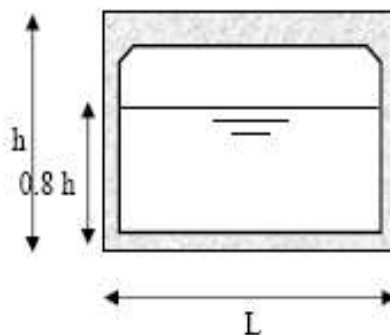


Figure8-3.Dalots [26].

$$Q_s = (0.8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

Avec:

$K_{st} = 70$ (dalot en béton).

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

$$Q_a = (0.8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

V.5.5 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 ($b = 50$ 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 [26].

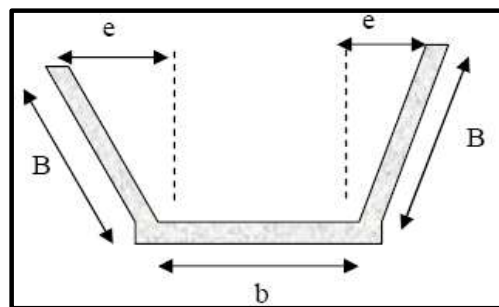


Figure8-4.Fossés[26].

Calcul de la surface mouillée:

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left(\frac{e \times h}{2} \right)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'où } e = n \times h$$

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

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

Calcul du périmètre mouille:

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

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

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

Calcul le rayon hydraulique:

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

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:

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

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

VI. APPLICATION AU PROJET

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière $P_j = 10\text{mm}$.
- Exposant climatique $b = 0.27$.
- Le coefficient de variation climatique $C_v = 0,20$.

VI.6.1 CALCUL HYDRAULIQUE

VI.6.1.1 CALCUL DE LA PLUIE JOURNALIERE MAXIMALE ANNUELLE P_j

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

Pendant 10ans:

$u = 1.28$, $C_v = 0.20$, $P_{jmoy} = 10\text{mm}$.

$$P_j(10\%) = \left[\frac{10}{\sqrt{0.20^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(1.28 \times \sqrt{\ln(0.20^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(10\%) = 11.95\text{mm}$$

Pendant 50ans:

$u = 2.05$, $C_v = 0.20$, $P_{jmoy} = 10\text{mm}$.

$$P_j(2\%) = \left[\frac{60}{\sqrt{0.20^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(2.05 \times \sqrt{\ln(0.20^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(2\%) = 14.71\text{mm}$$

VI.6.1.2 L'INTENSITE HORAIRE I

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

Pour: $P_j(10\%) = 11.95\text{mm}$.

$$I(10\%) = \left(\frac{11.95}{24} \right) = 0.49\text{mm/h}$$

Pour: $P_j(2\%) = 14.71\text{mm}$.

$$I(2\%) = \left(\frac{14.71}{24} \right) = 0.61\text{ mm/h}$$

VI.6.1.3 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.

$$A_C = 7.5 \times 100.10^{-4} = 0.075\text{ha} \quad (\text{Surface de chaussée}).$$

$$A_A = 2 \times 100.10^{-4} = 0.02\text{ ha} (\text{Surface d'accotement}).$$

$$A_T = 4 \times 100.10^{-4} = 0.04\text{ ha} (\text{Surface de talus}).$$

$$A_{\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0.075 + 0.02 + 0.04 = 0.135\text{ ha}$$

VI.6.2 DIMENSIONNEMENT DES BUSES

PK : 5+250Kms

Calcul des débits d'apport:

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

➤ Le débit apporté par la chaussée.

$C = 0.95$, $P = 2.5 \%$, $I (10\%) = 0.49 \text{ mm/h}$, $A = 0.075 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.075}{2.5}} \Rightarrow t_c = 0.022 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 0.49 \times \left(\frac{0.022}{24}\right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 80.86 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.95 \times 80.86 \times 0.075 \Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 16 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.016 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par l'accotement

$C = 0.4$, $p = 4 \%$, $I (10\%) = 0.49 \text{ mm/h}$, $A = 0.02 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.02}{4}} \Rightarrow t_c = 0.0089 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 0.49 \times \left(\frac{0.0089}{24}\right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 156.57 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.4 \times 156.57 \times 0.02 \Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 3.48 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 0.00348 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par le talus

$C = 0.3$, $p = 100\%$, $I (10\%) = 0.49 \text{ mm/h}$, $A = 0.04 \text{ ha}$.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,04}{100}} \Rightarrow t_c = 0,00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 0,49 \times \left(\frac{0,00254}{24}\right)^{0,27-1} \Rightarrow I_t = 391,04 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 391,04 \times 0,04 \Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 13,035 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,016 + 0,00348 + 0,013$$

$$Q_a = 0,0325 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de débit de saturation (Q_s):

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

On a: $J = 2,5\%$, $K_{ST} = 80$, $R_h = \frac{R}{2}$, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0,025)^{1/2} = 0,0325 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R = 525 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 2R = 1050 \text{ mm}$$

On propose: $\varnothing = 1250 \text{ mm}$; pour l'accès et les travaux de curage des buses.

VI.6.3 DIMENSIONNEMENT DES DALOTS

PK : 2+800Kms

Calcul des débits d'apport:

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

➤ Le débit apporté par la chaussée.

$$C = 0,95, P = 2,5 \%, I (2\%) = 0,61 \text{ mm/h}, A = 0,075 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,075}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,022 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 0.61 \times \left(\frac{0.022}{24} \right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 100.67 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,95 \times 100.67 \times 0,075 \Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par l'accotement

$$C = 0,4, p = 4 \%, I (2\%) = 0.61 \text{ mm/h}, A = 0.02 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,02}{4}} \Rightarrow t_c = 0.0089 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 0.61 \times \left(\frac{0.0089}{24} \right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 194.91 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,4 \times 194.91 \times 0,02 \Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0.0043 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par le talus

$$C = 0,3, p = 100\%, I (2\%) = 0.61 \text{ mm/h}, A = 0.04 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,04}{100}} \Rightarrow t_c = 0,00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 0.61 \times \left(\frac{0,00254}{24} \right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 486.80 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 486.80 \times 0,04 \Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0.0162 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,0020 + 0,0043 + 0,0162 \Rightarrow Q_a = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de débit de saturation (Q_s):

$$Q_a = Q_s$$

$$K_{ST} = 70, L = 2 \text{ m}, J = 2,5\%$$

$$Q_s = (0.8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

En prend $h = 1.5 \text{ m}$ (on a gardé la hauteur du dalot existant)

$$Q_{s1} = (0.8 \times 2 \times 2) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times 1.5 \times 2}{1,6 \times 1.5 + 2} \right]^{2/3} \times 0.025^{1/2} = 0.0017 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$Q_{s1} > Q_s$ Donc h est vérifié.

Donc un dalot de dimensions : L=2m et H=1.5m.

VI.6.4 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES

A partir des résultats obtenus précédemment:

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

J= 2 %, $K_{ST} = 30$, b=0,5 m

$$0.2562 = 30 \times h \times [0,5 + (1,5 \times h)] \times \left[\frac{h \times [0,5 + (1,5 \times h)]}{0,5 + 2 h \times \sqrt{1+1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

D'Après le calcul itératif on trouve h y0.48m.

Dimensions retenues du fossé sont : b= h=50cm.

I. GENERALITE

Un carrefour routier est au sens propre la zone dans laquelle des véhicules se déplaçant sur des routes différentes qui se coupent à angle quelconque, peuvent se rencontrer.

Le type de carrefours ainsi que sa géométrie doivent permettre aux véhicules de se succéder ou s'entrecroiser sans risque de collision.

II. LES PRINCIPAUX TYPES DES CARREFOURS

II.2.1 CARREFOUR A TROIS BRANCHES (EN T)

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est à peu près dans le prolongement d'une autre branche et dont la troisième coupe ce prolongement sous un angle compris entre 75° et 105° .

II.2.2 CARREFOUR A TROIS BRANCHES (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 sous un angle inférieur à 75° ou supérieur à 105° .

II.2.3 CARREFOUR A QUATRE BRANCHES (EN CROIX)

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

II.2.4 CARREFOUR GIRATOIRE

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

II.2.5 CARREFOUR A BRANCHES MULTIPLES

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

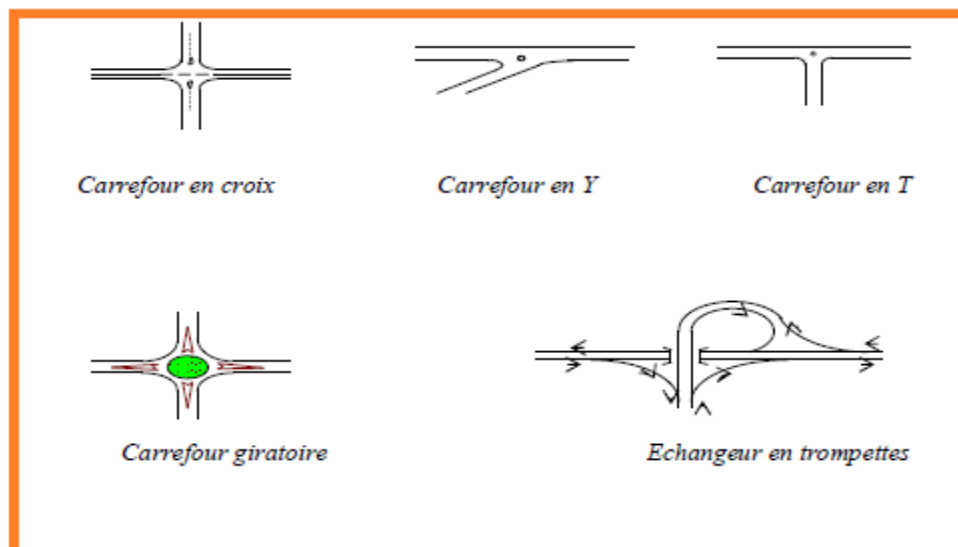


Figure 9-1. Différents types de carrefours [6].

III. DONNEES UTILES A L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant [6] :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des
- mouvements tournant leur évolution prévisible dans la future.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

Tableau 9-1. Vitesse d'approche à vide V_0 selon la norme algérienne [6].

Environnement	E1		E2		E3	
Carrefour situé	Sur un alignement	Près d'un point particulier	Sur un alignement	Près d'un point particulier	Sur un alignement	Près d'un point particulier
Catégorie 1-2	120	100	100	80	80	60
Catégorie 3	110	90	90	80	80	60
Catégorie 4	100	80	80	60	60	60
Catégorie 5	80	60	60	60	60	60

Tableau 9-2. Distance de visibilité des véhicules prioritaires et non prioritaires : cas de la priorité à droite selon la norme Algérienne [6].

Vitesse d'approche à vide V_p (km/h)	Vitesse d'approche à vide V_{np} (km/h)	60	80	90	100	110	120
	dnp(m)	70	110	130	160	190	235
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 9-3. Distance de visibilité des véhicules non prioritaires : cas de balise B1 (cédez le passage) ou signal de stop B2, selon la norme Algérienne [6].

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 ilot M5m	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	Toure à droite		100	165	205	250	300	340
(1)Plus de 10traversées P.L/jour.								

IV. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de $90^\circ \pm 20$ afin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une large traversée minimale.
- 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.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

IV.4.1 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).

IV.4.2 TRIANGLE DE VISIBILITE

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.

IV.4.3 DONNEES DE BASE

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.

IV.4.4 LES ILOTS

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

IV.4.4.1 ILOT SEPARATEUR

Les éléments principaux de dimensionnement sont:

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

IV.4.4.2 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.

a. LES COULOIRS D'ENTREE ET DE SORTIE

Longueur des couloirs : 4 m (Entrée), 5 m (Sortie).

b. VOIES DE DECELERATION DE TYPE PARALLELE

Les voies de décélération de type parallèle sont utilisées principalement pour les tournes-à-gauche de sortie.

Tableau 9-4 .Les longueurs correspondantes figurent [6].

La vitesse d'approche VA (km/h)	60	80-90	100-110	120
LD (m)	70	115	170	240
LS (m)	40	50	60	75

LD: longueur totale comprise entre le nez de l'îlot séparateur et l'entrée du sifflet de raccordement.

LS : longueur du sifflet de raccordement, compris dans LD.

c. VOIES DE DECELERATION DU TYPE DIAGONAL

L'usage de voie de décélération de type diagonal est recommandé pour les tournes à droite de sortie.

Elles comportent un biseau de sortie rectiligne, un raccordement à courbure progressive parcouru à décélération constante et un arc de cercle.

La longueur du biseau LB, comprise entre les nez de sortie réduit à 1 m l'entre du biseau, est fixée comme suite:

Tableau 9-5. Les longueurs de biseau en fonction de la vitesse d'approche [6].

VA (Km/h)	≤90	100-110	120			
Rayon de cercle final (m)	≥10	≥25	40	45	50	≥60
LB (m)	80	110	145	135	125	110

Les éléments de construction du raccordement à courbure progressive indiqués en fonction de la vitesse d'approche à vide et du rayon du cercle final. La largeur des voies décélération de type diagonal dépend des sur largeurs éventuelles en courbe, et jamais inférieur à 4m (avec accotement dérasé de 2m).

d. VOIE D'INSERTION

Les voies d'insertion sont du type parallèle et comportent un arc de cercle, éventuellement un raccordement progressif, une partie rectiligne parallèle à la route principale et un sifflet de raccordement.

Tableau 9-6. Les longueurs des voies d'insertion en fonction de la vitesse d'approche à vide [6].

VA (km/h)	60	80	90	100	<110	120
LI (m)	140	180	210	240	270	320
Li (m)	35	40	45	65	70	75

LI: longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point où la largeur du sifflet de raccordement se réduit à 1.5 m.

Li: longueur du sifflet d'insertion jusqu'au point où la largeur se réduit à 1,5 m

(Li compris dans LI).

On remarque que les voies d'insertion ont pour largeur:

3,00 m pour VA < 100 km/h.

3,50 m pour VA > 100 km/h.

V. SIGNALISATION

La visibilité de carrefour est très importante pour assurer la sécurité de l'utilisateur mais aussi une signalisation adéquate est nécessaire.

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des Infrastructures n'est plus à démontrer.

Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation.

On distingue deux familles de signalisation:

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

V.5.1 SIGNALISATIONS HORIZONTALES

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée ; Elle se divise en deux types:

V.5.1.1 LIGNES LONGITUDINALES

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

- **Les lignes continues:** Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.
- **Les lignes discontinues:** Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive) voir le tableau de sous.

a. MODULATION DES LIGNES DISCONTINUES

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

Tableau 9-7.caractéristiques des lignes discontinues [10].

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein- vide
T ₁	3.00	10.00	~3/1
T ₂	3.00	3.5	~1
T ₃	3.00	1.33	~3

b. MARQUES SUR CHAUSSEE

- **Les lignes mixtes:** Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

V.5.1.2 LIGNES TRANSVERSALES

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue:

- **Ligne stop :** C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

V.5.1.3 AUTRES SIGNALISATION

- **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.

a. LARGEUR DES LIGNES

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

- U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U=6cm sur les routes et voies urbaines.
- U=5cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 6cm.

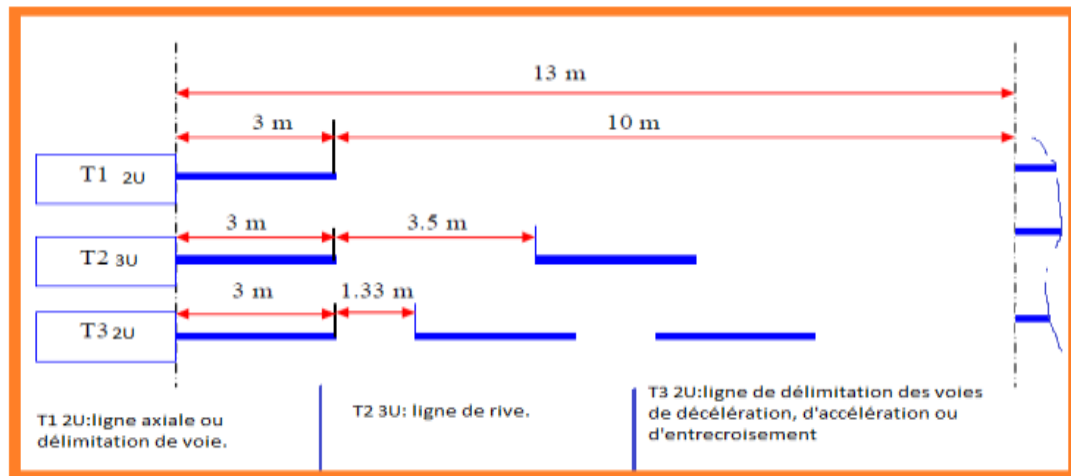


Figure 9-2. Type de modélisation [10].

V.5.2 SIGNALISATIONS VERTICALES

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

V.5.2.1 SIGNALISATION AVANCEE

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

V.5.2.2 SIGNALISATION DE POSITION

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route où les usagers doivent marquer l'arrêt.

V.5.2.3 SIGNALISATION DE DIRECTION

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75° [10].

VI. Application du projet

D'après le B40:

En a catégorie C2 et environnement E2 sur un alignement:

vitesse d'approche de la route (soit l'itinéraire A) : $V_0 = 100\text{km/h}$.

$a = 2.5\text{m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

Et on a plus de 10 traversée PL/jour.

$d_p(\text{VP}) = 220\text{m}$.

$d_p(\text{PL}) = 275\text{m}$.

$d_p(\text{t.à.g}) = 270\text{m}$.

$d_p(\text{t.à.d}) = 250\text{m}$.

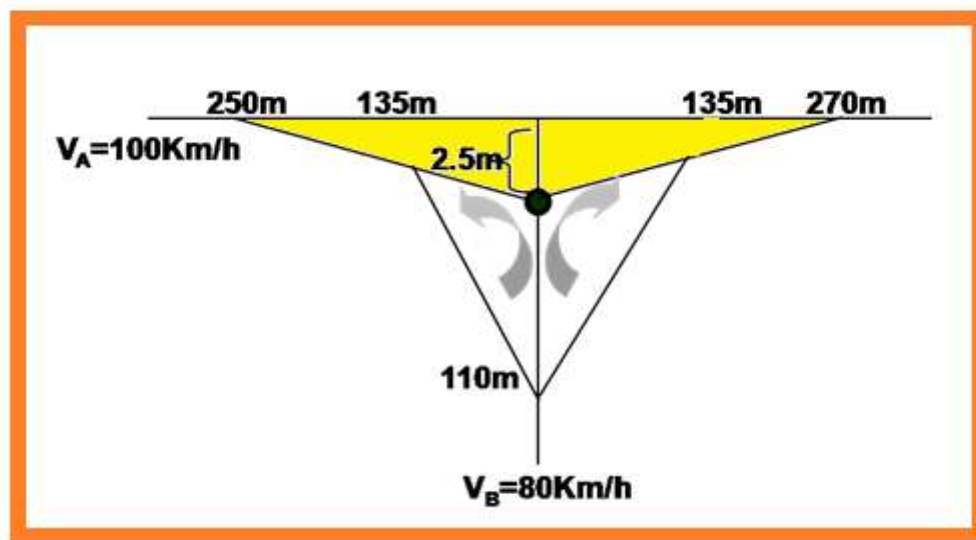


Figure 9-3. Le diagramme de visibilité [6].

Dans notre projet, on a un carrefour à aménager.

➤ Les type des carrefours sont en Y croix.

- Distance de couloir Entrée 4m, et sortie 5m.
- Voie d'insertion=3m.
- Voie de décélération=3.0m.
- Longueur de biseau =90m Longueur sifflet =35m.
- Longueur de voie d'insertion =210m.
- Longueur de voie décélération= 160m.
- Longueur d'îlot central = 60m.

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

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

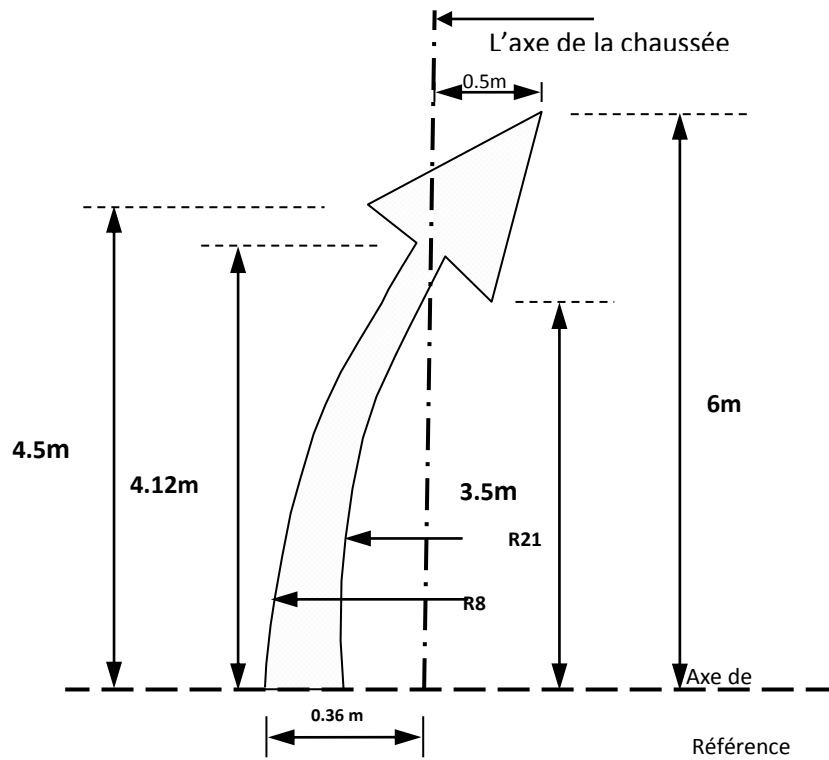


Figure 9-4. Schéma de signalisation stop sur chaussée.

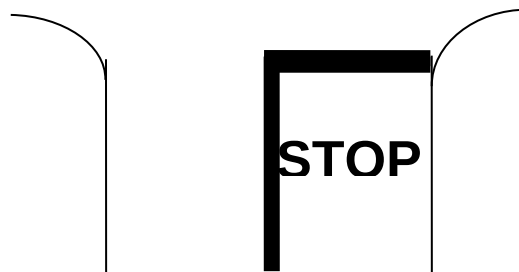


Figure9-5. Flèche de rabattement.

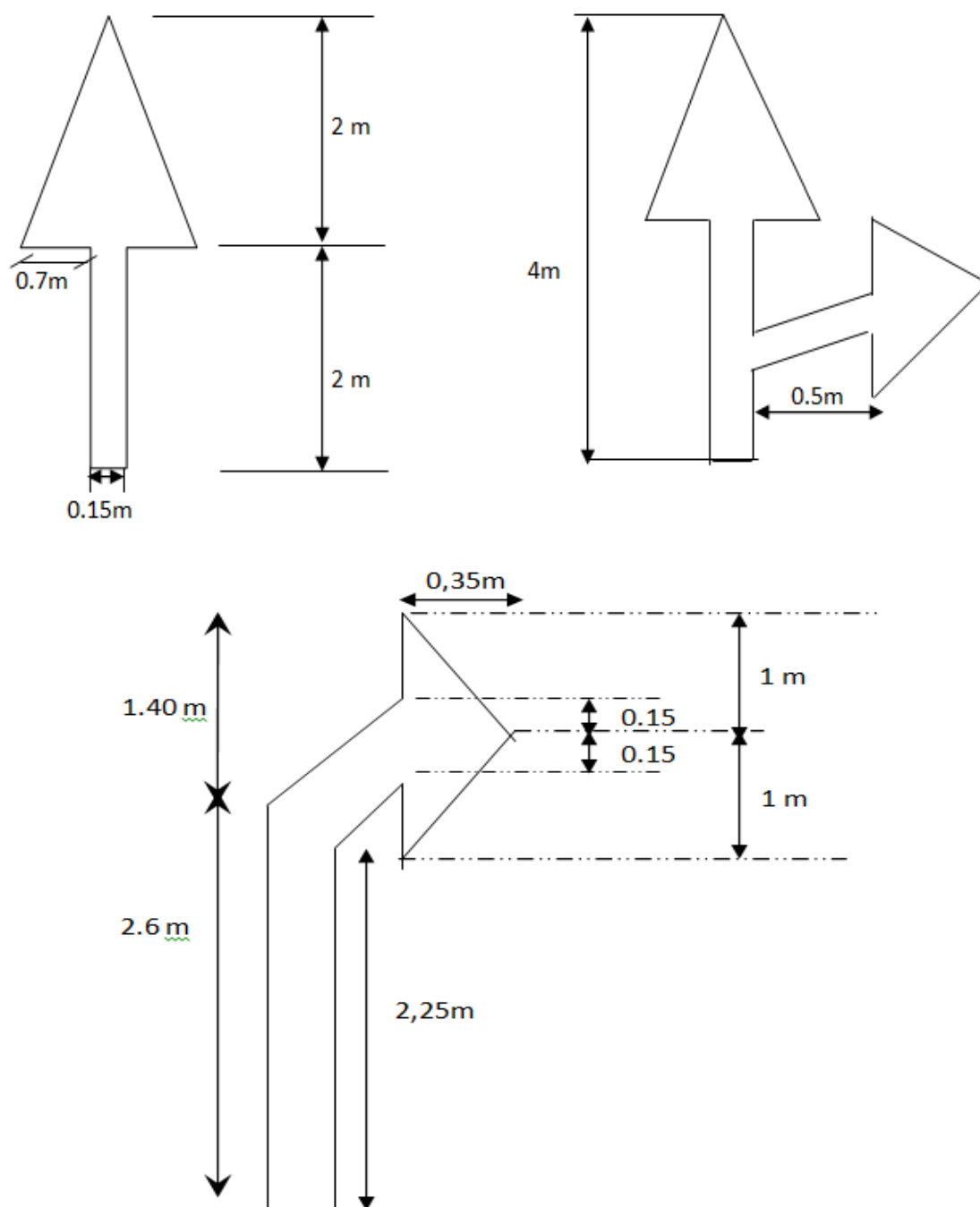


Figure 9-6. Flèche de sélection.

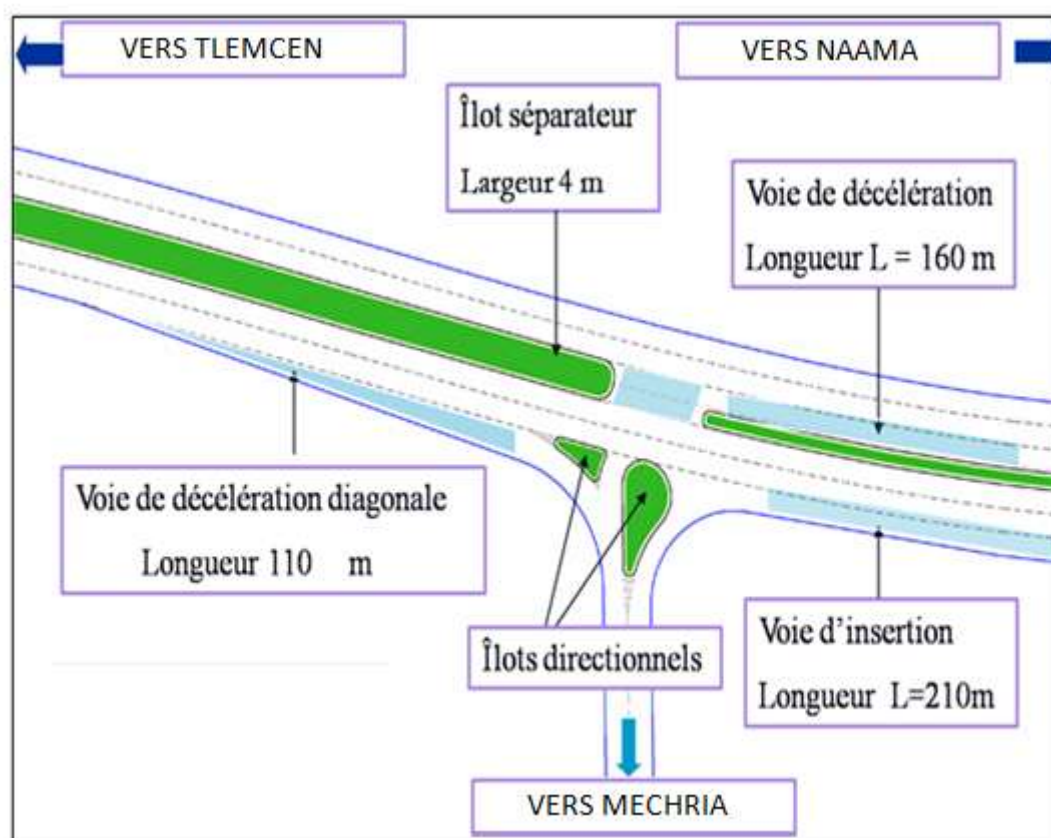


Figure 9-7. Caractéristiques géométriques du carrefour en Y.

X.1 DEFINITION

L'analyse multicritère ou les méthodes d'aide à la décision multicritères désignent généralement un ensemble de méthodes permettant d'agréger plusieurs critères avec l'objectif de sélectionner une ou plusieurs actions, options ou solutions.

L'analyse multicritère vise à fournir des outils qui permettront de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs objectifs, souvent contradictoires, doivent être pris en compte.

La divergence des objectifs nécessite la recherche d'une solution des meilleurs compromis possibles.

Pour appliquer ces méthodes, on doit nécessairement suivre les étapes suivantes :

- Identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision.
- Dresser la liste des actions ou solutions potentielles.
- Identifier les critères ou standards qui orienteront les décideurs à juger chacune des solutions par rapport à chacun des critères.
- Agréger ces jugements pour choisir la solution la plus satisfaisante.

La différence entre les méthodes d'analyse multicritère se trouve dans la façon de réaliser cette dernière étape, soit dans la façon d'évaluer chacune des solutions en fonction de critères retenus.

X.2 OBJECTIF DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE

L'analyse multicritère est une méthode qui permet d'orienter un choix sur la base de plusieurs critères communs. Cette méthode est essentiellement destinée à la compréhension et à la résolution de problèmes de décisions. Elle est utilisée pour porter un jugement comparatif entre des projets ou des mesures hétérogènes. De ce fait, elle peut être utilisée en évaluation.

Ainsi, sur la base de plusieurs critères, les décideurs sont en mesure d'intégrer, dans le cadre prospectif ou rétrospectif, la diversité des opinions concernant les

projets, pour formuler un jugement.

Cette méthode implique la participation des acteurs (décideurs, techniciens, bénéficiaires,...etc.) et aboutit à des conseils opérationnels et à des recommandations.

Son but est d'aboutir à une solution par la simplification du problème, tout en respectant les préférences des acteurs.

X.3 LES CRITÈRES EVALUATIFS DE NOTRE TRACÉ DANS LA RN06

Le développement durable est un enjeu important qui doit être considéré pour toutes les activités humaines actuelles et futures. Il consiste à fournir à tous les êtres humains et à leurs sociétés les moyens de vivre et de se développer sans épuiser les ressources de notre Planète et sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins.

En raison de la couverture territoriale importante des réseaux d'infrastructures routières et de leurs effets, de la multiplicité des acteurs concernés et des nombreux domaines affectés, les projets routiers sont directement concernés par ce nouveau paradigme sociétal.

Le développement durable est un processus de développement qui répond aux besoins sociaux, environnementaux et économiques du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Ce concept exclut les positions radicales tant écologistes qu'économiques. Il s'agit d'un compromis acceptable pour tous, bien que sa mise en application s'avère extrêmement difficile. Il montre aussi que l'on ne peut plus résoudre les problèmes sectoriellement mais que l'on doit les traiter globalement. On peut remarquer que cette définition du développement durable place l'homme et ses besoins au cœur du processus. Il s'agit là d'une vision qualifiée d'anthropocentrée [34].

Le développement durable est lié à un certain nombre de principes liés à l'environnement, l'économie et la société:

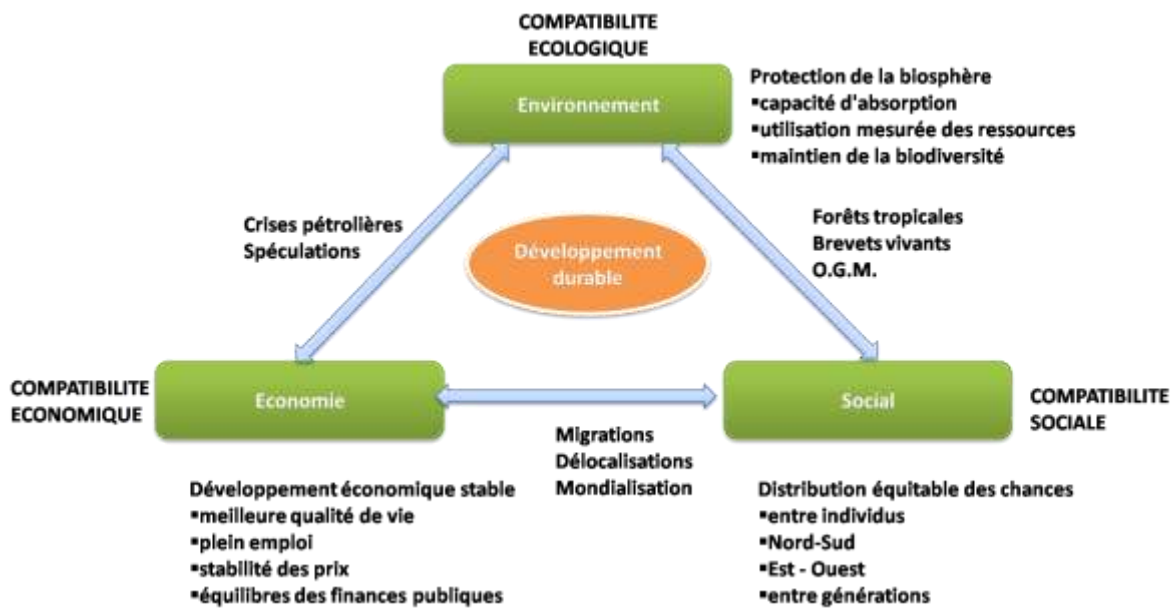


Figure X.1.les trois dimensions de la durabilité [34].

X.3.1 Environnement

L'environnement est tout ce qui nous entoure. C'est l'ensemble des éléments naturels et artificiels au sein duquel se déroule la vie humaine. Avec les enjeux écologiques actuels, le terme environnement tend actuellement à prendre une dimension de plus en plus mondiale.

Pour la dimension environnementale (écologique), le développement est durable lorsqu'il permet de :

- assurer l'épanouissement des êtres humains et des écosystèmes.
- maintenir l'utilisation des ressources renouvelables.
- stabiliser ou réduire la consommation des ressources non-renouvelables.
- maintenir à long terme les diverses émissions polluantes à un niveau minimum.
- réduire le risque ainsi que les effets des catastrophes écologiques.

Lorsque l'on évoque notre perception de l'environnement (social, écologie, politique) on doit donc intégrer la dimension de la mondialisation, et penser à l'échelle du monde.

A notre époque, l'environnement est perçu comme une matière à sculpter, un

territoire à structurer, à ménager. Cette conception dérive d'une approche prométhéenne visant à affirmer la domination de l'homme sur la nature. Face aux discours d'une écologie radicale souvent naïve et antihumaniste, l'approche instrumentale et cartésienne de l'environnement) aurait naturelle, fondée en raison et totalement adaptée aux nécessités économique, industrielles, commerciales et financières de notre temps [35].

a. Les ressources en eau

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micros – bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes

b. La qualité de l'air

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO₂ (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- Utiliser d'autres modes de transport.
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.
- Régler le trafic.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.

- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

c. La faune et la flore

Les projets routiers peuvent générer des impacts importants sur le milieu naturel et il est important de prendre en compte les effets indirects et d'étudier les conséquences du projet sur l'écosystème dans son ensemble.

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique.

Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique [37].

d. Impact sur la santé

Les contraintes de protection de la santé s'imposent maintenant aux projets routiers. Cette thématique doit être développée dans les études d'impact, et les mesures compensatoires ou préventives doivent être mises en œuvre par le maître d'ouvrage.

Le volet santé de l'étude d'impact doit en particulier évaluer l'état initial en termes de mortalité et de morbidité sur une zone d'étude pertinente. Il doit ensuite évaluer l'incidence de l'aménagement sur ces données.

Ainsi des zones de passage pourront être totalement condamnées si des mesures de protection ne sont pas réalisables [38].

e. Le bruit

C'est un des impacts les plus manifestes de la circulation routière et peut apparaître pendant la phase de la construction. Pour les travaux d'excavation ou d'emprunt dans les zones sensibles, une attention particulière doit être accordée aux normes applicables au niveau sonore des engins, aux horaires de travail, aux

itinéraires de transport des matériaux et à tout autre aspect ayant trait à la gestion du chantier. Concernant l'urbanisme, la voirie nouvelle et l'habitat, des progrès importants sont à attendre dans ce domaine qui demande à être davantage exploré.

Le niveau moyen du bruit diminue avec l'éloignement par rapport à la voie de circulation. Ceci montre que les possibilités d'amélioration en matière de protection contre le bruit peuvent être attendues [36]:

- D'une part, de l'éloignement des habitations par rapport aux voies de circulation (Éloignement qui peut jouer soit en surface soit en élévation).
- D'autre part, de l'orientation de l'habitation par rapport à ces voies ou au moins par rapport aux points singuliers de circulation, tels que les feux, les carrefours, les rampes.

Des résultats positifs peuvent également être atteints par une bonne insertion des voies nouvelles en tissu urbain, comportant notamment:

- La diminution de la réflexion due à l'existence de façades parallèles de murs.
- La mise en tranchée ou en tunnel des voies de circulation.
- La protection par des écrans pleins (béton, verre ...etc.)
- La réalisation de plantations (mais celles-ci n'ont d'efficacité que pour des épaisseurs importantes).

X.3.2 Développement économique

Le développement économique désigne les évolutions positives dans les changements structurels d'une zone géographique ou d'une population : démographiques, techniques, industriels, sanitaires, culturels, sociales... de tels changements engendrent l'enrichissement de la population et l'amélioration des conditions de vie. C'est la raison pour laquelle le développement économique est associé au progrès.

Dans les pays économiquement avancés le développement est recherché, en général, par l'encouragement de l'innovation (via la recherche), l'investissement, l'éducation, l'accroissement de la sécurité juridique...

Dans les pays émergents, le développement est principalement basé sur l'exploitation des ressources naturelles et le faible coût de la main d'œuvre.

Pour la dimension économique, le développement est durable lorsque :

- le rendement économique et la richesse de la société peuvent être sauvegardés à long terme et être améliorés sur le plan qualitatif plutôt que quantitatif.
- l'économie est compétitive, qu'elle permet la création d'emplois et l'amélioration du bien-être général.
- les prix assument l'essentiel de la gestion sur les marchés et qu'ils reflètent les coûts externes ainsi que la pénurie de ressources, de facteurs de production, de biens et de services.

a. Les moyens du développement

Les moyens du développement sont différenciés selon les pays. Ils dépendent des structures pré existantes et de la culture partagée par la population.

Dans les pays du nord, le moyen de développement le plus répandu est de procéder à des adaptations juridiques et institutionnelles encourageant l'innovation, l'investissement, l'éducation, l'accroissement de la sécurité juridique.

Le rôle de l'état est de créer les conditions de l'augmentation des compétences, afin que se développe un système efficace de production et distribution de biens et services. Tout cela par l'amélioration de l'environnement juridique: sécurité, juridique, adaptation des lois.

b. Les voies actuelles du développement économique

Les voies du développement doivent tenir compte de l'évolution vers l'économie post industrielle. Même les pays émergents tiennent compte que leur développement ne peut se baser durablement sur l'utilisation de leurs réserves de travail manuel à bas coût, mais doit s'orienter aussi vers des activités plus sophistiquées et incluant davantage de «savoirs» et d'innovation

X.3.3 Sociale

L'étude sociale a pour but d'évaluer l'opportunité de l'aménagement d'une infrastructure de transport dans la wilaya de NAAMA en tenant compte des dynamiques existantes, de l'offre de transport et de son évolution, ainsi que des impacts positifs et négatifs du projet sur le plan sociale.

Il a ainsi pour objectifs de décrire le contexte actuel et de mettre en évidence les enjeux de développement liés à l'aménagement de l'évitement de MECHRIA de 1 x1 voie sur la RN 06 dans la wilaya de NAAMA.

a. Avantages pour les usagers

Le niveau de service est une notion complexe ne se réduisant ni à un chiffre ni à une formule ou une définition simple. Ce paramètre doit être analysé par rapport aux diverses finalités visées par le Maître de l'Ouvrage et directement liées à l'utilisateur de la route et son confort [40]:

- Sécurité.
- Temps de parcours, fluidité.
- Permanence.
- Confort de conduite (confort acoustique, confort visuel...).
- Agrément de parcours et des sites.

conclusion

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

Conclusion générale

Le présent projet nous a permis de concilier le social, l'économique et l'environnemental qui traduit directement la notion de développement durable. L'état algérien accorde un grand intérêt au secteur des travaux publics.

Le transport routier représente une grande part du marché en termes d'économie dans la mesure qu'il présente un grand impact sur les autres modes de transport.

C'est dans ce but qu'on s'intéresse à l'amélioration et à l'aménagement des infrastructures de base, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les usagers et répondre à la demande en matière de transport.

Notre projet s'inscrit dans ce cadre et le travail effectué dans ce mémoire porte sur l'étude de l'évitement du MECHRIA dans la RN 06 sur un tronçon de 06 km.

Toute la démarche consistait à trouver un compromis entre un tracé idéal et un tracé tenant compte des contraintes liées à la topographie, le relief et la nature du terrain des zones traversées dans le but d'assurer le maximum de confort et de sécurité aux usagers.

Ce projet de route m'a permis de mettre en application les connaissances acquises durant les cinq années de formation, de mieux connaître le déroulement des études d'un projet routier notamment celles relatives à la modernisation et à la réhabilitation.

Ceci me permettra d'affronter la vie professionnelle, car il y a des pratiques non enseignables que seul le travail réel peut les faire appréhender.

الملخص

هذا المشروع عبارة عن دراسة مفصلة لتهيئة الطريق الإجتابي لدائرة مشرية على الطريق الوطني رقم 06 على طول 06 كيلومترا ، هذه الدراسة تتألف من ثلاثة مراحل.

في المرحلة الأولى: نقوم بوصف عام للمشروع مع تقديم جل المشاكل في هذا النوع من الطرق.

أما المرحلة الثانية: فخصصت لاختيار موقع الطريق المقترح و كذا حساب إحداثيات القمم.

في المرحلة الثالثة والأخيرة: قمنا برسم المسقط العلوي والمقطع الطولي وكذا المقاطع العرضية ومن بعد حساب حجم التربة و حساب أبعاد الخنادق, والذي احترمنا فيه جميع معايير التصميم المعمول بها.

الكلمات الرئيسية:

المنحنيات الرئيسية، المنحنيات الدائرية والسرعة المنخفضة، والتنمية المستدامة، وتطوير الطرق، حجم المرور، والمحاذاة للطريق.

RESUME

Ce-projet présente une étude détaillée de l'évitement du MECHRIA dans la RN 06 sur 06 km. Cette étude se compose de trois parties :

Premièrement : englobe la description générale du projet avec une présentation de différents problèmes dans ce type de route.

Deuxièmement : a été consacré aux choix du lieu de la route proposée, en calculant les coordonnées des sommets.

La dernière partie : comprend le dessin du tracé en plan, profil en long et les profils en travers ensuite calcul des cubatures, le dimensionnement des fossés les ouvrages transversaux. En respectant les norms du travail.

Mots clés:

Evitement, clothoïde, devers, vitesse de basse, développement durable, aménagement routière, trafic, tracé routier.

SUMMARY

This project presents a detailed study of avoidance in RN06 of Mecheria on a stretch of 06 km in the Wilaya of NAAMA.

The first: include the general description of the project with a presentation of deferent problem in this highway type.

The second part: to the choices of trace of the two alternatives one was devoted calculate the tops of the axis of the two alternatives.

The last part: the drawing of the alignment includes understands profile longitudinally and the profiles transversely follows the calculation of cubature's, the dimensioning of the ditches and the works transverse.

Key words:

Duplication, clothoïde, Devers, low speed, sustainable development, road development, traffic, road alignment.