

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Diplôme
d'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics*

Thème

Etude en APD du Dédoublément du CW 109 sur 4.3
Km entre la RN 11 et El Hamadania, (wilaya de
Tipaza) avec conception de quatre (4) carrefours et
échangeur.

Encadré PAR :

*-Mr: MEDDAD SMAÏL
SNC Lavalin*

Présenté par :

*- BRIK ALI
-MAOUCHE TEDJANI*

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement



Nous remercions, en premier lieu, notre Dieu le plus Puissant qui a bien voulu nous donner la force et le courage Pour effectuer le présent travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur
Mr. MEDDAD SMAIL. Pour son sérieux, sa compétence Et ses orientations.
Sans oublier Monsieur GUEMAOUNE MOHAMMED RACHID*

*Nous adressons également notre profonde gratitude au personnel
pédagogique de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics KOUBA, le
Chef de département Monsieur KARA BENCHOHRA, ainsi qu'à tous nos
professeurs*

*Nos reconnaissances vont aussi aux bibliothécaires, aux personnels du centre
de calcul, et au personnel de l'administration de l'école.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont
contribué à l'élaboration de ce mémoire.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous ont
Fait l'honneur de présider et d'examiner
Ce modeste Travail.*

**B-Ali
M-Tedjani**

بسم الله الرحمن الرحيم

*Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux
Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux
de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie
infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce
stade de formation*

*Je dédie ce modeste travail A ma très chère mère « SAIDA » Je prie ALLAH le
Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète,*

Et te protège et te garde en bonne santé.

A ma belle mère « MABROUKA »

*A mon père « MEBAREK » qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le
parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de
ma vie.*

*Ames frères ;ABDMALEK,ALI,MESSAOUD,MOULOUD,FERHAT,LAID,LARBI,MOH
AMMO,MESSAOUD,OMAR,AHMED, et à mes sœurs ;SABAH,MESSAOUDA,OME
EL HANA,SAMIRA,NADJAH,HANANE,RATIBA,YAMINA,SA
LIMA,IMANE,WAFI.*

A tous mes oncles et mes tantes et ma grande mère et à toute la famille MAOUCHE

A mes neveux ; ANESS,AMJED,ABD,EL AZZIZ.

A mes nièces ;HAIFA,RAHMA,YASMINE,MANAL,INASS,AMANI.

A mes amis :LAMINE,MOHAMMED,BACHIR.....et la liste est très longue.

*A mes confrères : BAAZIZ MUSTAPHA,NOUREDINE,ZAKARIAet la liste est
très longue.*

A mon binôme et confrère : ALI.

A la future dame MAOUCHE.

A TOUT LAHBAB

Enfin, à tous ceux qui me reconnaîtront.

TEDJANI

DEDICACES

*TOUT D'abord je remercie dieu qui m'a donné le courage
pour arriver à ce stade.*

Je dédie ce modeste travail .

A ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma

Chère mère " Habiba".

A mon meilleur ami : mon père, le plus beau et bon de tout les

Pères" Mohammed".

A mes chères sœurs Khadidja et Fatima zohra, et à mes frère Houssein

,Hmaida et Youcef et à tout la famille BRIK et BOUROUGAA

A Mon binôme et confrère "Tedjani" et la famille MAOUCHE

A mes amis confrère BAAZIZ-M ET BRAHIMI -M

Je souhaite aussi dédier ce travail à tous mes amis de l'ENSTP

(rania,nadia,khaled,samiha,khlifa ,karima,amin,mimi , groupe

Chalfawa et les amis d'elgolia.....et la liste est très longue.)

Qui j'ai passé des moments très agréables .

..... A TOUT QUI J'AIME

B-ALI

SOMMAIRE

CHAPITRE	PAGE
INTRODUCTION	01
Chapitre I. PRESENTATION DE PROJET	02
1-Introduction	02
2-Cadre de l'étude.....	05
3-Objectifs principaux de l'étude.....	05
4 -l'état actuel du projet.....	07
5-Annexe photo.....	08
Chapitre II. ETUDE DU TRAFIC	09
1-Introduction.....	09
2-Analyse de trafic.....	09
3- Calcul de la capacité	11
4- Application au projet	13
Chapitre III- TRACE EN PLAN	16
1-Introduction	16
2-Règle à respecter dans le tracer en plan.....	16
3-Les éléments géométrique du tracé en plan	17
4- Les conditions de raccordement	20
5-Combinaison des éléments du tracé en plan	22
6-Parametres fondamentaux.....	22
7- La vitesse de référence :	23
8- Application au projet.....	23
9- Calcul d'axe	24
Chapitre IV- PROFIL EN LONG	27
1- Introduction	27
2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long	27

3-Coordination du tracé en plan et du profil en long	28
4-Déclivités	28
5-Raccordement en profil en long	29
6-Détermination pratiques du profil en long.....	32
7- Application au projet	34
Chapitre V- PROFIL EN TRAVERS	35
1-Définition.....	35
2-Les éléments de composition du profil en travers.....	35
3-Classification de profil en travers	36
4-Profil en travers type du projet	36
Chapitre VI. CUBATURES	37
1-Définition	37
2-Méthode de calcul des cubatures.....	37
3-Calcul des cubatures de terrassement	39
Chapitre VII. ETUDE GEOTECHNIQUE	40
1-Introduction	40
2-Les moyens de la reconnaissance.....	40
3-Condition d'utilisation des sols en remblais	42
4-Résultats des reconnaissances.....	44
Chapitre VIII .DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	53
1-Introduction	53
2-La chaussée.....	53
3-Facteurs a considérés dans le dimensionnement	54
4-Différentes Méthodes de dimensionnement	54
5-Application au projet	59
7-Conclusion	66
Chapitre IX. ASSAINISSEMENT	68
1- Introduction	68
2-Objectif de l'assainissement.....	68
3- Drainage des eaux souterraines.....	69
4- Quelques définitions.....	70

5-Entretien du réseau d'assainissement existant.....	71
6- Calcul hydraulique et assainissement.....	72
7-Application au projet	74
Chapitre X. CARREFOUR ET ECHANGEUR	80
<u>1^{ER} PARTIE : CARREFOUR</u>	
1-Introduction	80
2-Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour	80
3- Choix de l'aménagement.....	80
4- Les types de carrefours.....	80
5- Principes généraux d'aménagements d'un carrefour.....	81
6- Application au projet.....	83
<u>2^{EME} PARTIE : ECHANGEUR</u>	
1-Introduction.....	88
2-Définition	88
3-Rôle d'un échangeur.....	88
4-Types d'échangeurs.....	88
5-Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	89
Chapitre XI. OUVRAGE D'ART	
1-Introduction.....	92
2-Présentation de l'ouvrage.....	92
3-Solutions proposées.....	95
Chapitre XII. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE	96
1-Introduction.....	96
2-Signalisation	97
3-Eclairage	103
Chapitre XIII. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.....	105
1. Introduction	105
2. Objectifs	105
3. - Cadre juridique:.....	105

4. Définitions	105
5. - Etude d'impact sur l'environnement	105
Chapitre XIII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	107
Conclusion générale.....	107

Bibliographie

Les Annexes

Introduction

La route a pour but de permettre la circulation en toute saison, dans des conditions suffisantes et aussi durables que possible de confort et de sécurité.

Elle constitue une des traces les plus significatives que laissent les Sociétés. Elle participe, de nos jours comme autrefois, à la qualité de l'environnement et du cadre de vie. Elle joue un rôle important dans le secteur des transports et communications dont elle fait partie de ses équipements collectifs appelés infrastructures.

Le projet routier moderne apparaît comme un assemblage d'éléments de constructions répétitifs, agencés de telle sorte qu'elle réponde aux impératifs de confort et de sécurité cités.

Cet assemblage dépend plus particulièrement du trafic et de ses variations, de l'importance des besoins d'échange à satisfaire et notamment de la longévité espérée de l'ouvrage à construire.

La conception et la construction des routes fait aujourd'hui partie de ces domaines dont l'optimisation du rapport qualité / prix est l'un des paramètres les plus importants. En effet, voici un ouvrage qui porte la responsabilité des vies des personnes qui l'utilisent, mais qu'on trouve parfois cher à construire.

Notre sujet a été proposé par la L.M.T.P.B (laboratoire de la Mitidja de travaux publics et bâtiments), intitulé « **Etude du dédoublement de la CW 109 entre « la RN 11 et EL-HAMDANIA** » Avec aménagement des carrefours et échangeur.

PRESENTATION GENERALE

1-Généralités sur la wilaya de Tipaza :

Le contexte général :

I.1.a) Aperçu historique :

Tipasa – les gens disent Tipaza mais il semble que l'orthographe exacte soit avec un «s» - est à l'origine (vers les Ve siècle avant JC) une fondation phénicienne en Afrique du Nord, un site punique.

en 1830, lors de la conquête, qu'un groupement de quelques familles sur le Haouch-et-Tefassed (la ruinée). Familles berbères, ainsi que les Chenoui qui occupaient le petit massif montagneux du Chenoua

en 1848, dans le périmètre de colonisation, Tipasa apparaît comme le débouché logique sur la mer.

En 1854, un service de douanes et une baraque "à caractère commercial" en marquent seuls l'amorce.

En 1862, la famille Thoa rachète une bonne partie de ces terres.

En 1882, Tipasa devient commune autonome. Mais comme toujours en pareil cas, elle veut englober Desaix qui restera fraction de la commune de Marengo.

En 1955, la commune comptait 5681 indigènes, (douar Chenoua) et 571 européens.



Comme toutes les villes du Bassin Méditerranéen, Tipasa est devenue romaine – dans la province de Maurétanie Césarienne, puis chrétienne

La trace de Rome, on la trouve d’abord dans le plan de la ville.

Ceci dit, le plan en damier qui est supposé en découler, est moins évident à repérer. C’est dans une autre cité Romaine d’Algérie, Timgad, que l’on trouve un des exemples les mieux conservés de plan en damier. L’autre apport de Rome, ce sont les infrastructures, dont on remarque la présence par les cavités disséminées sur le site.

Enfin, le site révèle le genre de constructions que l’on trouvait dans le monde romain, des villas, des thermes, un théâtre et le nymphée – grande fontaine autrefois ornée de statues.

Tipasa s’est construite entre deux promontoires rocheux sur un terrain qui forme un V. La mer est partout et, au dessus de la mer, les arbres. Il y a ceux qui se déploient majestueusement, et, un peu plus loin, ceux qui ploient misérablement. Des arbres tout recroquevillés comme pour se protéger. Vus de loin, ils semblent former une coque verte posée au dessus du sol dont quelques trouées laissent la place aux vestiges antiques. Ces arbres sont tous penchés dans la même direction à cause du vent de l’est.

Le site de Tipasa est incomparable, avec la baie et le massif du Chenoua, situé au débouché ouest de la Mitidja, il constitua dès l’antiquité une escale sur la voie maritime est-ouest de la Méditerranée, deux à trois mille touristes fréquentaient la station en été, notamment la plage Raynaud (Matarèse) et Chenoua



1.b) Situation géographique :

La wilaya de Tipaza se situe au nord du Tell central. Elle est limitée géographiquement par :

La mer Méditerranée au nord ;

La wilaya d'Alger à l'est.

La wilaya de Blida au sud ;

La wilaya d'Aïn Defla au sud ouest ;

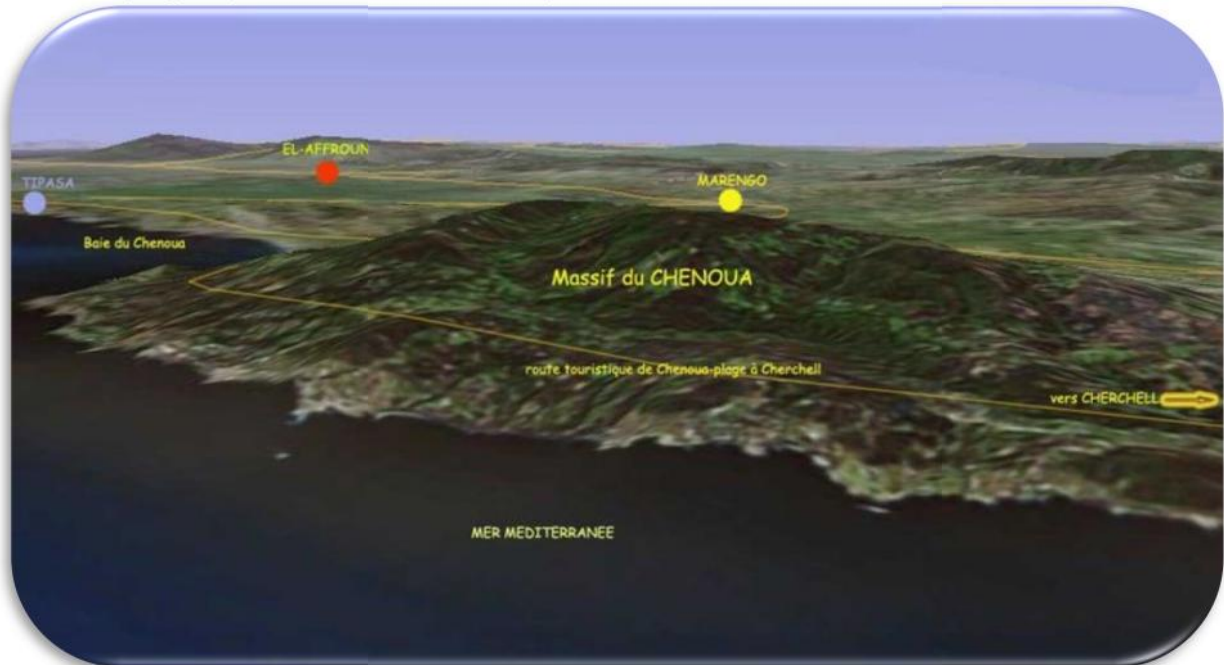
La wilaya de Chlef à l'ouest



La wilaya De Tipaza

2-Cadre de l'étude :

La wilaya de Tipaza, est connue pour son caractère touristique et agricole, ses forêts et ses belles plages (**CHENOUA PLAGE**).



La plage de Chenoua

Notre projet de fin d'études est situé dans le territoire de la wilaya de Tipaza . Il S'étend sur une longueur de quatre kilomètres et trois cent mètres (4,300km). Il prend de l'intersection de CW109 avec le RN11 ou le (PK 0+00) jusqu'à l'entre de la ville d'EL- HAMDANIA ou le (PK4+300), avec conception de quatre carrefours et conception d'un échangeur.

Cette étude est établie à la demande de **LABORATOIRE DE LA MITIDJA DE TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS** de Baba Hassen - Draria Alger Algérie.

3-Description de la projet :

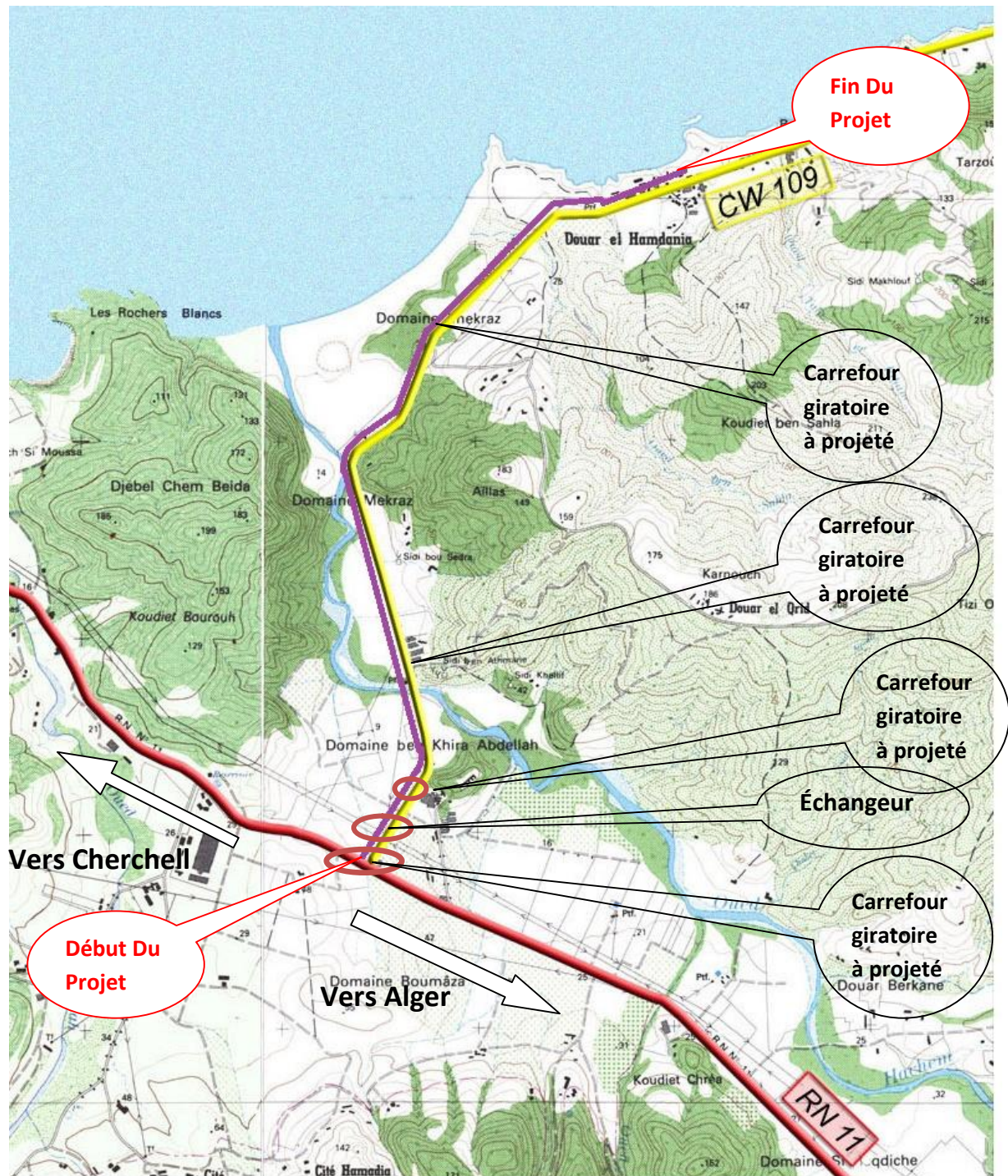
Notre objectif principal consiste a augmenter le niveau de service de la route existante par le dédoublement (2x2voies) avec un séparateur (TPC), et de procéder au renforcement de la chaussée existante pour supporter un trafic croissant.

Véhiculant un trafic journalier estimé à l'ordre de 10500v/j avec un Pourcentage de 10% en poids lourds.

L'itinéraire du projet se situe dans un relief pratiquement plat (E1) et se caractérise par des faibles sinuosités et des déclivités faibles et

moyennes .

Les caractéristiques géométriques sont ainsi assimilables à celles d'une route de quatrième catégorie(4) et traverse un zone urbain (vitesse de base de 60 Km/h). En effet, il s'agit d'un tronçon routier à topographie plan. Le tracé, peu sinueux, serpente des faibles rampes sur les 3/4 de l'itinéraire et le profil en travers, quant à lui, est généralement mixte avec une chaussée initiale d'à peine 5 à 6m de largeur.



Situation du projet

4-Pour atteindre l'objectif vise, notre travail a été structure comme suit :

- Etudier le trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- Procéder a un dimensionnement des corps de chaussées neufs pour la partie projetée et un Renforcement pour la partie existante.
- Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet (respecter les normes B40).
- Etude géotechnique.
- Etudier l'assainissement du réseau existant et prévoir un complémentaire s'il y a lieu.
- Augmenter le niveau de service de la route existante par dédoublement (2x2voies), avec un séparateur (TPC).

ANNEXE PHOTO



La chaussée existante



Début du projet



L'existence des espaces verts et des arbres



La fin du projet



Serres

I.1- INTRODUCTION :

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée (largeur, épaisseur) est lié étroitement à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année d'horizon.

L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

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

- pour définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues.
- pour estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
- pour estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont fonction du volume de circulation.
- apprécier la valeur économique des projets routiers.

I. 2 - L'analyse des trafics existants :

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins, le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause, enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

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

I.2.1 - Les comptages

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

I.2.1.1 - Les comptages automatiques

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne 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.

Les comptages temporaires s'effectuent 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.

I.2.1.2 - Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents 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 communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A)

I.2.2 - La connaissance des flux : les enquêtes :

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 diverse 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.

Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

I.2.2.1 - Enquêtes papillons ou distributions :

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 sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

I.2.2.2 - 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.

I.2.2.3 - Interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse 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 peines d'irriter l'utilisateur) 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 tels que le type de véhicule.

I.2.2.4 - Les enquêtes à 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.

I.3 - Calcul de la capacité :

I.3.1 - Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point où 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 :

- Des conditions de trafic.
- Des 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)

I.3.2 - Projection futur du trafic :

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

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

Avec :

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

I.3.3 - 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 à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec :

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

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds qu'il dépend

Tableau N° I.1: coefficient d'équivalence P.L/UVP

Routes	E_1	E_2	E_3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

I.3.4 - Débit 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 suivante :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}$$

Q : débit de pointe horaire

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

T_{eff} : trafic effectif

I.3.5 - Débit horaire admissible :

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

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

Avec :

Tableau N° I.2 Valeur de K_1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau N° I.3 de valeur de K_2

Environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Tableau N° I.4 de valeur de la capacité théorique

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

I.3.6 - Détermination nombre des voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on opte 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

$$\boxed{S.Q/Q_{adm}}$$

Avec : Q_{adm} : débit admissible par voie

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

I.4 - Application au projet :

I.4.1 - Les données de trafic:

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

- Le trafic à l'année 2008 $TJMA_{2008} = 10500 \text{ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 60 \text{ km/h}$
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 10\%$
- L'année de mise en service sera en 2014
- La durée de vie estimée de 20 ans

I.4.2 - Projection futur de trafic :

L'année de mise en service (2014)

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

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2014)

$TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine 2008)

$$TJMA_{2014} = 10500 \cdot (1 + 0,04)^4 = 13285 \text{ v/j.}$$

Trafic à l'année (2034) pour une durée de vie de 20 Ans

$$TJMA_{2034} = 13285 (1 + 0,04)^{20} = 29109 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2034} = 29109 \text{ v/j}$$

I.4.3 - Calcul du trafic effectif :

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

avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds. Pour une route à deux voies et un environnement E_1 on a **P=6**

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 10%

$$T_{\text{eff}} = 29109 \times [(1 - 0.20) + 6 \times 0.20]$$

$$T_{\text{eff}} = 34930 \text{ uvp/h}$$

I.4.4 - Débit de pointe horaire normale:

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}}$$

Avec:

1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à **0.12**

$$Q = 0.12 \times 34930 = 3493 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 3493 \text{ uvp/h}$$

I.4.5 - Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée

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

K₁: coefficient correcteur pris égal **0.75** pour (E_1)

K₂: coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement (E_1) et catégorie (C_4)

C_{th}: capacité théorique $Q = (1/n) \times T_{\text{eff}}$

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

$$Q \leq Q_{\text{adm}} \Rightarrow Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{th} \Rightarrow C_{th} \geq \frac{Q}{K_1 \times K_2}$$

$$C_{th} \geq 3493 / (1 \times 0.75)$$

$$C_{th} \geq 4657 \text{ uvp/j}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 2000 = 1312$$

$$Q_{\text{adm}} = 1312 \text{ uvp/h}$$

I.4.6 - Le nombre des voies

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

Avec $S=2/3$

$$N = (2/3) \times (3493/1312) = 1.77 \approx 2$$

Donc :

N = 2 voie /sens.

I.4.7 - Calcul de l'année de saturation de 2x2 :

$$T_{eff} (2014) = [(1 - 0.20) + 6 \times 0.20] \times 8999$$

$$T_{eff} (2014) = 15942 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2014} = 0,12 \times 15942 = 1913 \text{ uvp/h.}$$

$Q_{2014} = 1913 \text{ uvp/h.}$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1312 = 5248 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2008} \Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{saturation} / Q^{2014})}{\ln(1 + t)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{5248}{1913})}{\ln(1 + 0.04)} = 25.73$$

$$n = 25.73 \approx 26 \text{ ans.}$$

n = 26ans

V.1. INTRODUCTION :

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

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan font 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 assurée par la couche de roulement.

V.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

Le tracé en plan doit assurer aux usagers de la voie express un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

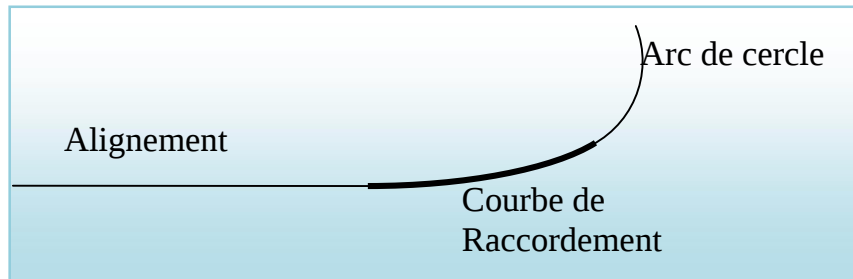
Les normes de conception géométriques de tracé et de directives opérationnelles ont été développées à partir des normes et directives Routières et Autoroutières en usage en Algérie plus particulièrement les normes techniques d'aménagement des routes « **B40** ».

Dans ce qui suit, seront énoncées certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- ✓ Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- ✓ L'adoption de rayon minimal absolu est à éviter dans la mesure du possible. En règle générale, on adopte, si cela n'augmente pas le coût de façon trop sensible des valeurs de rayons supérieur ou égal au rayon minimum normal.
- ✓ L'adapter le tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Raccorder le nouveau tracé au réseau routier existant
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds en minimise au maximum le nombre d'ouvrages d'art 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.
- ✓ Respecter les normes de techniques de construction de routes sahariennes.

V.3. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme schématisé ci-dessous :

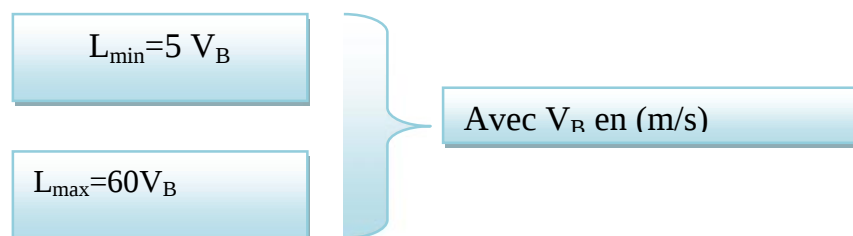


V.3.a) Les alignements :

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

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

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



V.3.b) Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

Stabilité en courbe

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge. Afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules.

Rayon horizontal minimal absolu :

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

$$\text{mal abs} \quad RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

Rayon minimal normal

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

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

Rayon au dévers minimal

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 subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$.

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times \frac{d}{2} \times d_{\max}}$$

Rayon minimal non déversé

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

est le rayon minimal

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035}$$

Pour les catégories 1-2

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

Pour les catégories 3-4-5

Avec :

$f' = 0.07$ cat 3
 $f' = 0.075$ cat 4 -5

Règles pour l'utilisation des rayons en plan

- ✓ Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon $\geq$ à RHN.
- ✓ Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

Si $RHm < R < RHN$:

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

Si $RHN < R < RHd$

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

- ✓ 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 les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

V.3.c) Les raccords progressifs « CLOTHOÏDE » :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), pour assurer :

- ✓ La stabilité transversale de véhicule.
- ✓ Le confort des passagers.
- ✓ La transition de la chaussée
- ✓ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Il y a beaucoup des courbes de raccordement. Pour assurer ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

Expression de la clothoïde

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L (ou longueur de la clothoïde).

$$\Rightarrow K = C \cdot L ; \quad K = \frac{1}{R} \quad L \cdot R = \frac{1}{C}$$

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

$$A^2 = L \cdot R$$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

V.3.d) Les éléments de la clothoïde

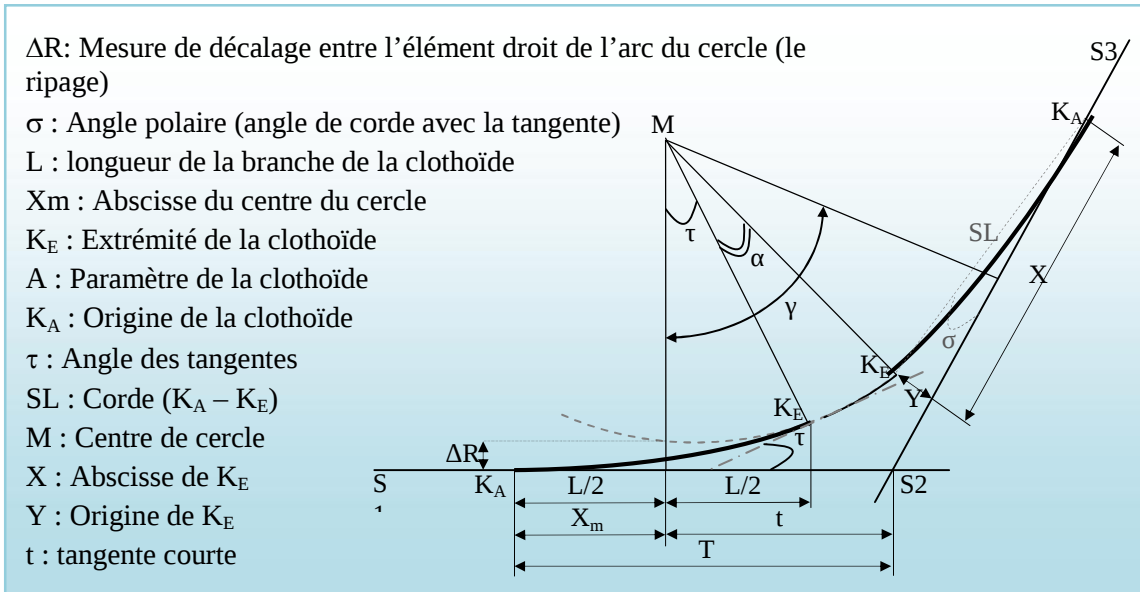


Figure-12- Les éléments de la clothoïde.

V.3.e) Les conditions de raccordement :

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

❖ Condition optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Pour $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24 R \Delta R)^{1/2}$

Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

Pour $R < 5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7.75(R)^{1/2}$

❖ Condition de confort dynamique :

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

La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{V^2}{R} - g \cdot \Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2V_B$

Avec une gravitation $g = 9.8m/s$ on opte :

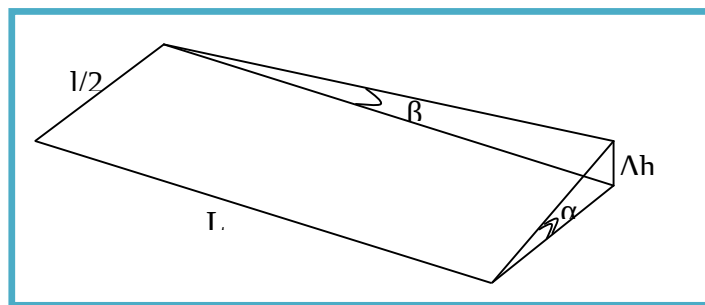
$$L \geq \frac{V_B^3}{127} \left(\frac{V_B^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right)$$

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

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

❖ Condition de gauchissement :



La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte $\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$

Nous avons :

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

l : largeur de chaussée

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

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot \Delta d \cdot V_B$$

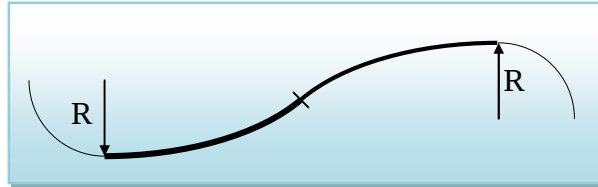
Δd : exprimé en valeur réelle.

V.4. COMBINAISON DES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN :

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

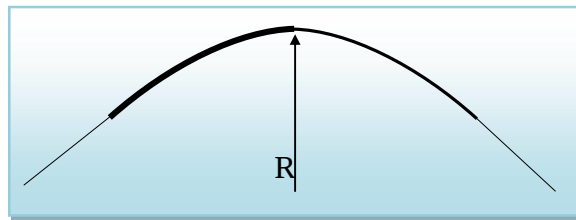
V.4.a) Courbe en S :

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



V.4.b) Courbe à sommet :

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



V.5. PARAMETRES FONDAMENTAUX :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C4, dans un environnement E1, avec une vitesse de base $V_B = 60$ km/h.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes B40.

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	V	60	km/h
Longueur minimale	Lmin	83	m
Longueur maximale	Lmax	1000	m
Devers minimal	dmin	0.5	%
Devers maximal	dmax	8	%
Temps de perception réaction	t1	2	S
Frottement longitudinal	f_L	0.4	
Frottement transversal	f_t	0.125	
Distance de freinage	d0	31	m
Distance d'arrêt	d1	64	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	dm	240	m
Distance de visibilité de dépassement normale	dN	360	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dMd	120	m
Rayon horizontal minimal	RHm	115	m
Rayon horizontal normale	RHN	220	m
Rayon horizontal déversé	RHd	450	m
Rayon horizontal non déversé	RHnd	650	m

Tab-13- paramètres du tracé en plan.

V.6. LA VITESSE DE REFERENCE (DE BASE) :

La vitesse de référence (V_r) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers.

V.6.a) Choix de la vitesse de référence :

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.

V.6.b) Vitesse de projet:

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

On entend par conditions normales:

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible;
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonnes conditions normales.
-

V.7. EXEMPLE DE 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

V.7.a) Exemple de calcul :

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 la fin de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

S1 $x = 1886.756$, $y = 4179.593$,
 S2 $x = 2090.412$, $y = 4434.577$,
 S3 $x = 2175.225$, $y = 4506.094$,
 S4 $x = 2867.679$, $y = 4888.21$,

Rayon $R = 220\text{m}$ et $V_B = 60\text{km/h}$

Caractéristiques de la courbe de raccordement**❖ Détermination de L :****i. Condition de confort optique :**

$$R \leq 1500\text{m} \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

$$\text{Donc } L \geq 25.568 \text{ m} \dots\dots\dots 1$$

ii. Condition de (confort dynamique+ gauchissement) :

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot \Delta d \cdot V_B$$

$$L \geq \frac{5}{36} 1,632 \cdot 60$$

$$L \geq 13,6\text{m}$$

$$L = \max (13,6, 25.568).$$

$$L = 25.568 \text{ m}$$

❖ calcul du paramètre A

$$A^2 = L \cdot R$$

$$A = \sqrt{L \cdot R} = 75$$

On prend : $A = 75$

La condition $\frac{R}{3} \leq A \leq R$ elle est vérifiée, $(73,33 \leq 75 \leq 220)$.

Alors $L = A^2/R = 126 \Rightarrow L = 25.568 \text{ m}$

❖ 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.

$$|DX| = |X_{S2} - X_{S1}| = 203,656 \text{ m}$$

$$|DY| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 254,984 \text{ m}$$

$$|DX_1| = |X_{S4} - X_{S3}| = 692,454 \text{ m}$$

$$|DY_1| = |Y_{S4} - Y_{S3}| = 382,116 \text{ m}$$

$$G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \quad \square \quad G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|4434.577 - 4179.593|}{|2090.412 - 1886.756|}\right)$$

$$G_{S1}^{S2} = 42,905\text{gr}$$

$$G_{S3}^{S4} = \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \quad \square \quad G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|2867.679 - 4506.094|}{|2867.679 - 2175.225|}\right)$$

$$G_{S2}^{S3} = 67,899\text{gr}$$

❖ Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = 25\text{gr}$$

❖ Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{25.568}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = 3.7 \text{ gr}$$

❖ Vérification de non chevauchement :

$$2.\tau = 7.46\text{gr.}$$

$$2.\tau = 7.46\text{gr.}$$

$$\Rightarrow 2.\tau \leq \gamma \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

❖ Calcul des distances :

$$D_2 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(203,656)^2 + (254,984)^2} = 326,332\text{m.}$$

$$D_4 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(692,454)^2 + (382,116)^2} = 790,888\text{m.}$$

❖ Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L}{40.R^2}\right) \approx 25,560\text{m.}$$

❖ Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 0,495\text{m.}$$

Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{L}{2} = 12.78m.$$

❖ Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\left. \begin{aligned} \bullet \quad \frac{L}{R} &= 0.116 \\ \bullet \quad \frac{X_m}{R} &\approx 0.174 \Rightarrow X_m = 38,336 \text{ m.} \\ \bullet \quad \frac{\Delta R}{R} &= 0.0039 \Rightarrow \Delta R = 0.866 \end{aligned} \right\} \text{Tableau de clothoïde}$$

$$T = 38,336 + (220 + 0.866) \operatorname{tg}\left(\frac{25}{2}\right) = 5,241m$$

❖ Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(25.560)^2 + (0.495)^2} = 25,564m.$$

❖ Calcul de s :

$$\sigma = \operatorname{arctg}\left(\frac{y}{x}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{0.495}{25.560}\right) = 1.233gr.$$

❖ Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 25 - 7.4 = 17,6.$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{1224 \times \pi \times 3.54}{200} = 68.03m.$$

❖ Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} \approx X_{S2} + T \sin(G_{S1}^{S2} + 200) = 2128.979m. \\ Y_{KA1} = Y_{S2} + T \cos(G_{S1}^{S2} + 200) = 4482.864m \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} \approx X_{S2} + T \sin(G_{S2}^{S3}) = 2121.119m. \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \cos(G_{S2}^{S3}) = 4476.237m. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} \approx X_{KA1} + SL \sin(G_{S1}^{S2} - \sigma) = 2145.317m \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{S1}^{S2} - \sigma) = 4502.527m. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} \approx X_{KA2} - SL \sin(G_{S2}^{S3} + \sigma) = 2098.980m. \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{S2}^{S3} + \sigma) = 4463.454m. \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

VI.1. INTRODUCTION:

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé segments de droite raccordés par des paraboles caractérisés par leur rayon.

Pour les segments de droite, on parle de pente ou de rampe suivant que la route descend ou monte dans le sens de la marche.

VI.2. 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 :

- ✓ 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 ou une parabole unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Respecter les normes et des techniques de construction de routes sahariennes.

VI.3. COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

Elle doit viser essentiellement à :

- Assurer les conditions minimales de visibilité,
- Favoriser la perception générale du tracé : rechercher la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.
- Il faut en outre éviter les combinaisons défavorables telles qu'une longue descente rapide suivie d'un point difficile de la trace en plan.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.)

Pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- ✓ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- ✓ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
 $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.
- ✓ Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

VI.4. DECLIVITES :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

VI.4.a) Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

VI.4.b) Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ($i_{\max} = 4\%$) dans le franchissement de la côtière

Nota :

Selon le B-40 on a :

V_r Km/h	60	80	100	120
$I_{\max}$ %	8	6	5	4

Tab-15- variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base.

Pour notre cas la vitesse $V_r = 60$ Km/h donc la pente maximale $I_{\max} = 8\%$.

VI.5. VOIE SUPPLEMENTAIRE POUR VEHICULE LENT :

Les déclivités importantes posent un problème pour les poids lourds. L'atténuation de ce problème de déclivité consiste à :

- **En rampe :**

Prévoir une voie supplémentaire pour poids lourds " **VSPL** " afin d'éviter davantage le ralentissement des véhicules et le développement des files d'attente.

- **En pente :**

L'influence de la pente sur la vitesse des véhicules poids lourds est importante. En conséquence la vitesse doit être adaptée au véhicule et à la pente en utilisant convenablement les freins.

Une voie supplémentaire sera envisagée si la longueur et la déclivité sont telles que la vitesse de poids lourds est réduite à moins de la vitesse critique (V_{cr}).

$$V_{cr} = V_{\min} + 10 \text{ Km/h}$$

VI.6. RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

VI.6.a) Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

- **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « g /40 (cat 1-2), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / R_v < g / 30 \text{ avec } g = 10 \text{ m /s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

D'où :

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

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h).

Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + \frac{d^2}{2 \times \sqrt{h_a h_g}})} \approx 0.27 \frac{d^2}{d^2}$$

d : Distance de visibilité nécessaire (m)

h_a : Hauteur de l'œil au dessus de la chaussée = 1.10 m

h_g : Hauteur de l'obstacle = 1.20 m

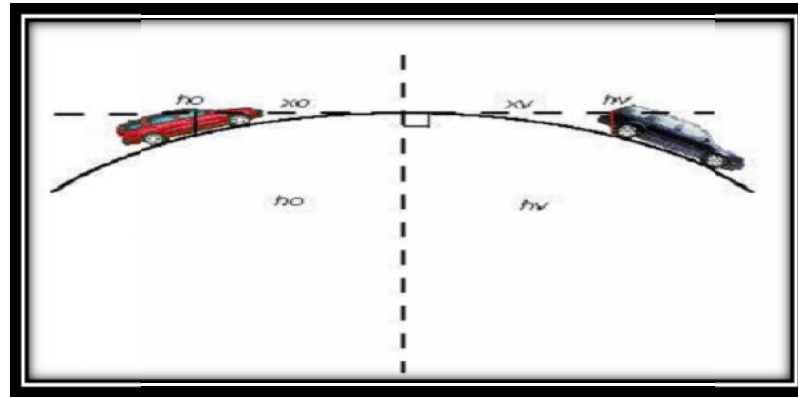


Figure-13 -visibilité en raccordement convexes

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de bas $V_r=60\text{Km/h}$ et pour la catégorie 4 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	800
Min- normal	R_{vn}	2000

VI.6.b) Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

d_1 : distance de visibilité= distance d'arrêt

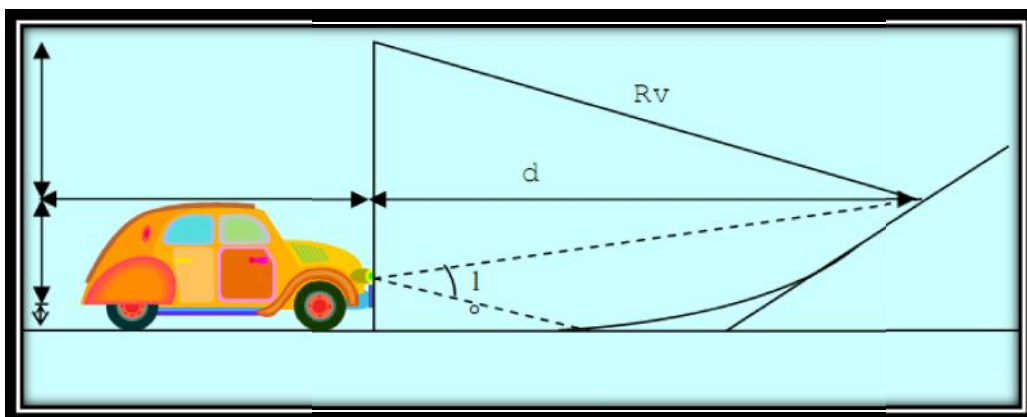


Figure-14 -visibilité en raccordement concaves

Pour une vitesse $V_r = 60 \text{ Km/h}$ et catégorie 4 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{ym}	1100
Min - normal	R'_{vn}	1600

VI.7. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

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

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0.$$

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

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

- ✓ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- ✓ Donnée La pente P_1 de la droite (AS).
- ✓ Donnée la pente P_2 de la droite (DS).
- ✓ Donnée le rayon R.

VI.7.a) Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a: $Z_{A'} = Z_A + L.P_2$, $m = Z_{A'} - Z_A$
 $Z_{D'} = Z_D + L.P_1$, $n = Z_{D'} - Z_D$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

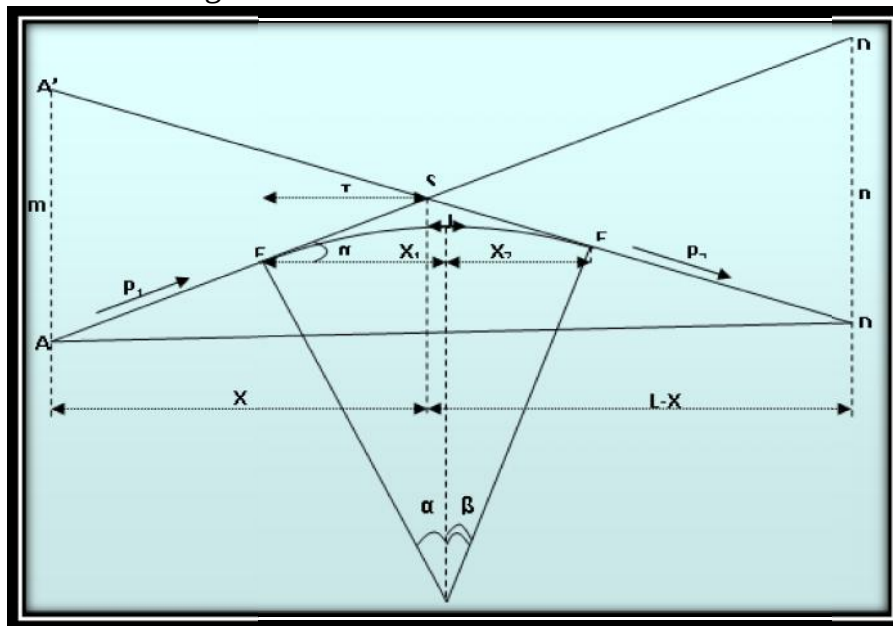


Figure-15-raccordement de 2 alignements par une parabole.

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

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + z_A \end{array} \right.$$

VI.7.b) Calcul de la tangente :

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

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_S - T \\ Z_E = z_S - T \cdot P_1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_S + T \\ Z_F = z_S - T \cdot P_2 \end{array} \right.$$

VI.7.c) Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$L_R = 2T$$

VI.7.d) Calcul de la flèche :

$$f = \frac{L^2}{8R}$$

VI.7.e) Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

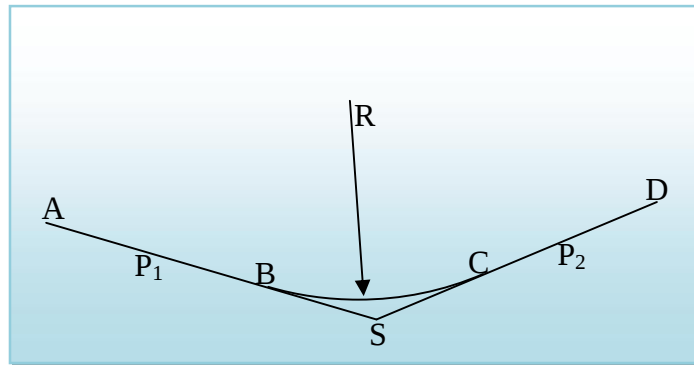
$$Z_M = Z_E + \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot X + \frac{P_2 - P_1}{8R} \cdot X^2$$

VI.7.f) Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + P_1 \cdot X_J + \frac{P_1^2}{2R} \cdot X_J^2 \end{array} \right.$$

Avec : $X_1 = R \cdot P_1$
 $X_2 = R \cdot P_2$

VI.8. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

$$\begin{array}{l}
 \left\{ \begin{array}{l} PK_A = 0.000\text{m} \\ Z_A = 99.691 \end{array} \right. \quad S \left\{ \begin{array}{l} PK_S = 178.3356\text{m} \\ Z_S = 99.5245 \end{array} \right. \quad D \left\{ \begin{array}{l} PK_D = 299.957\text{m} \\ Z_D = 99.998 \end{array} \right. \\
 R = 11000\text{m}
 \end{array}$$

✓ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = 100 \cdot \Delta Z_1 / \Delta PK_1 = -0.09\%$$

$$P_2 = 100 \cdot \Delta Z_2 / \Delta PK_2 = 0.39\%$$

✓ **calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} \cdot \frac{P_2 - P_1}{100} = 2.65 \text{ m}$$

✓ **Calcul des flèches :**

$$f = \frac{T^2}{2R} \text{ m}$$

✓ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$\begin{array}{l}
 C \left\{ \begin{array}{l} PK_C = PK_S + T = 178.3356 + 2.65 = 180.990\text{m} \\ Z_C = Z_S + T \cdot P_2 = 99.5245 + 2.65 \times 0.0039 = 99.535\text{m} \end{array} \right. \\
 J \left\{ \begin{array}{l} PK_J = PK_B + R \cdot P_1 = 1135.226 + 1100 \times 0.0009 = 1136,216 \text{ m} \\ Z_J = \frac{R}{2} \cdot \frac{P_2 - P_1}{100} = 2.65 \text{ m} \end{array} \right. \\
 B \left\{ \begin{array}{l} PK_B = PK_S - T = 178.3356 - 2.65 = 175.681\text{m} \\ Z_B = Z_S + T \cdot P_1 = 99.5245 + 2.65 \times 0.0009 = 99.527\text{m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe

VII.1. DEFINITION :

Le profil en travers est la coupe transversale de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe.

Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulable de la route (terre-plein central, bandes dérasées).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur la route, qui définit le nombre de voies.

VII.2. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :

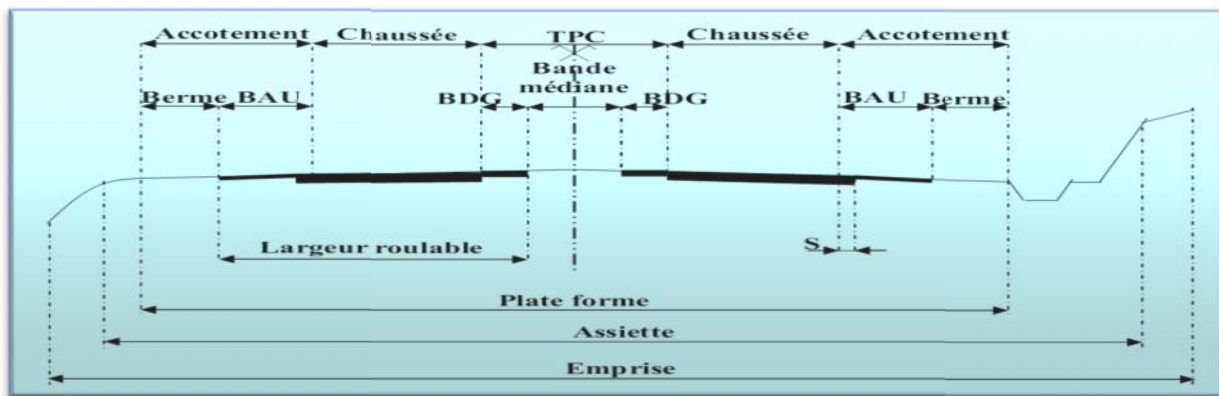


Figure -16- représenté les éléments de profile en travers

- **Emprise :** c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **Assiette :** c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- **Plate forme :** elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.
- **Chaussée :** c'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.
- **Terre- plein central (T.P.C) :** Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **bande dérasée de gauche (B.D.G) :** Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurit, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus 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 implanter.
- **Accotement :** 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.
- **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

VII. 3. CLASSIFICATION DE PROFIL EN TRAVERS :

On distingue deux types de profils :

- Profil en travers courant ;
- Profil en travers type.

VII.3.a) Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20, 25m...) qui servent à calculer les cubatures.

VII.3.b) Le profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

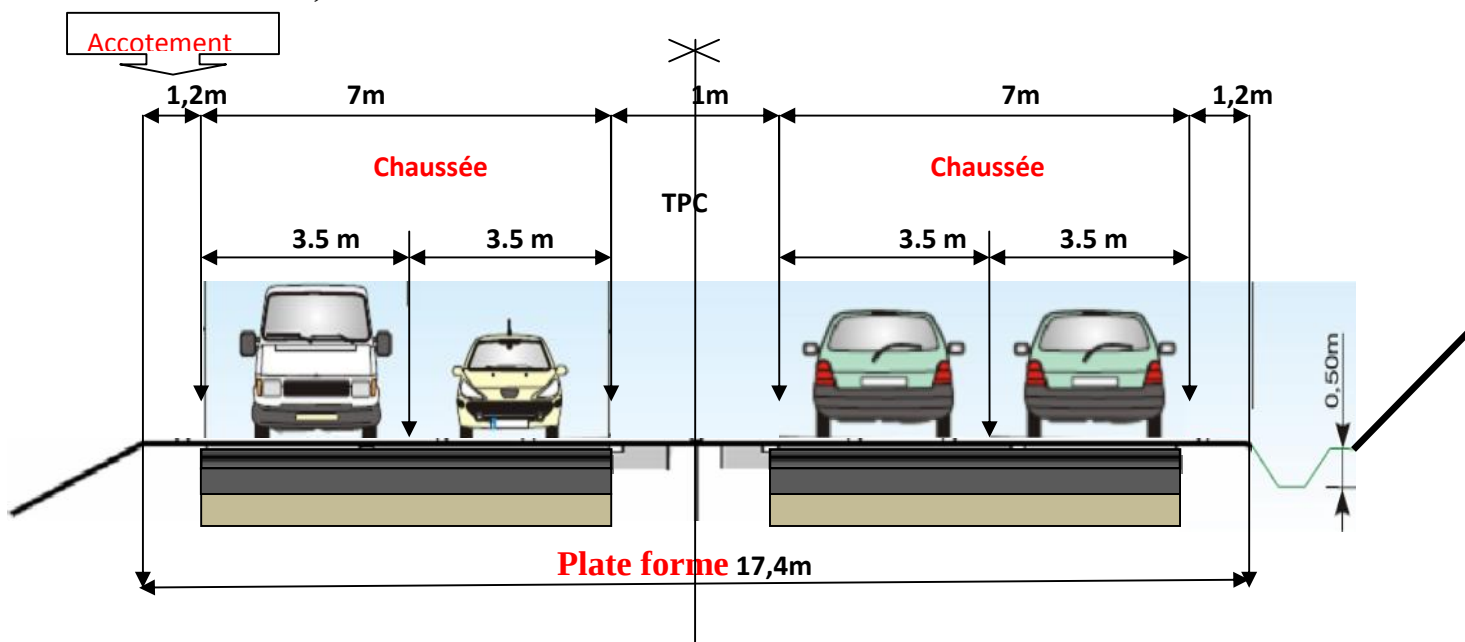
Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais) ou mixte.

VII. 4. APPLICATION AU PROJET :

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

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- deux chaussées à double voies : $2 \times (3.5 \times 2) = 2 \times 7.00\text{m}$
- Accotement : $1,2 \times 1,2\text{m}$
- terre plein centrale (TPC) : 1m
- Plate forme : 17,4m



V. 1 – INTRODUCTION

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et de remblai que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet :

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- les profils en long
- les profils en travers
- Les distances entre les profils.

Ces profils doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

V. 2 - CUBATURES DES TERRASSEMENTS :

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais. Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

V. 3 - METHODE UTILISEE :

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

V. 3-1 Description de la méthode :

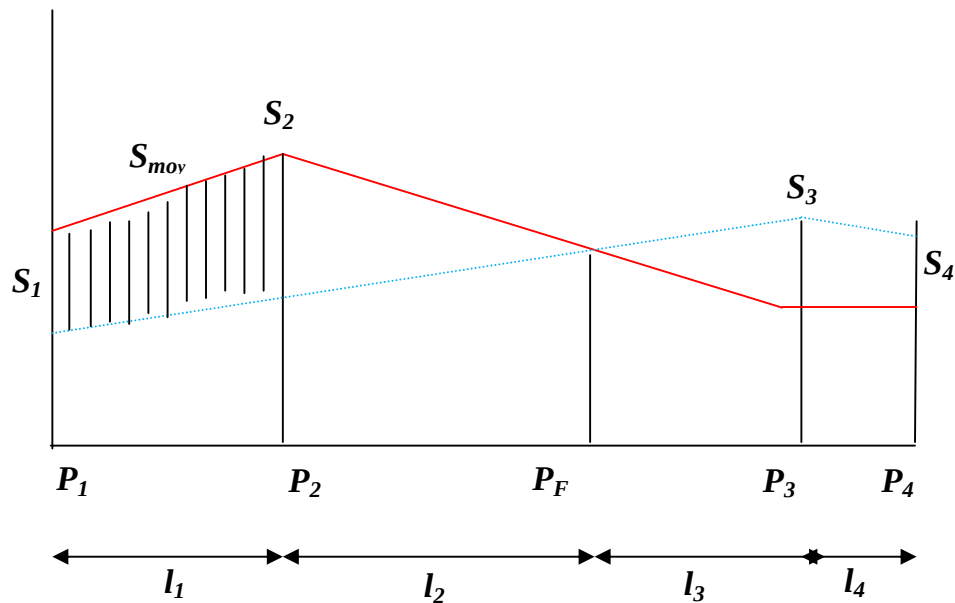
En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Où h , S_1 , S_2 et S_0 désignant respectivement :

- Hauteur entre deux profils.
- Hauteur des deux profils.
- Surface limitée à mi-distances des profils.

Ici à la figure ci-dessous on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.



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

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

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

Ceci donne : $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

Entre P_1 et P_2 $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P_2 et P_F $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre P_F et P_3 $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

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

V. 4 – 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 Piste 5.05 nous avons utilisé la méthode de GULDEN et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et déblais.

*Le volume de déblais est de: $V_D = 94703m^3$
Le volume de remblais est de: $V_R = 13996m^3$*

a) Introduction

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 leurs renseignements et leurs caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

Pour cela on a des essais qui se font au laboratoire et qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

VII. 2 - Les différents essais en laboratoire :

- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Equivalent de sable.
- ✓ Limites d'Atterberg.
- ✓ Essai PROCTOR.
- ✓ Essai CBR.
- ✓ Essai Los Angeles.
- ✓ Assai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

VII. 3 - Les essais d'identification:

1 -Analyses granulométriques :

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

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

2 - Equivalent de sable :

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté du sable c'est-à-dire déterminer la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

3 - limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_p = W_L - W_p$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

4 - Essai PROCTOR :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

5 - Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

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

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

6 - Essai Los Angeles :

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

7 - Essai Micro Deval :

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

Suite à la demande du bureau d'étude AFR CONSEILS, le laboratoire de la Mitidja des Travaux Publics et Bâtiments (LMTPB) sis à Baba Hassen, a procédé à des essais géotechniques in situ et au laboratoire, destinés au projet de « Dédoublage du CW 109 à partir de la RN 11, entre El Hamadania et Cherchell, dépendant de la wilaya de Tipaza.

b). Cadre de la mission géotechnique

La mission géotechnique de notre laboratoire se limite dans ce présent rapport à effectuer des essais in situ à l'aide des sondages carottés, des puits de reconnaissance, prélever des échantillons pour des analyses au laboratoire et à fournir un compte rendu donnant les procès verbaux d'essais.

La responsabilité de notre laboratoire ne saurait engagée en dehors de ce cadre.

b-1. Campagne de reconnaissance

Nous avons réalisé quatre (02) Sondages carottés numérotés SC1 à SC 2, dont deux sondages carottés SC1 et SC2 ont été réalisés au niveau de l'ouvrage d'art projeté qui va enjambrer un oued dit « Oued El Hachem », des puits de reconnaissance en nombre de neuf (09) numérotés PR1 à PR9, le long du tracé ainsi qu'une série des essais au laboratoire.

La campagne de reconnaissance et les positionnements des essais in place ont été fixés par le bureau d'étude.

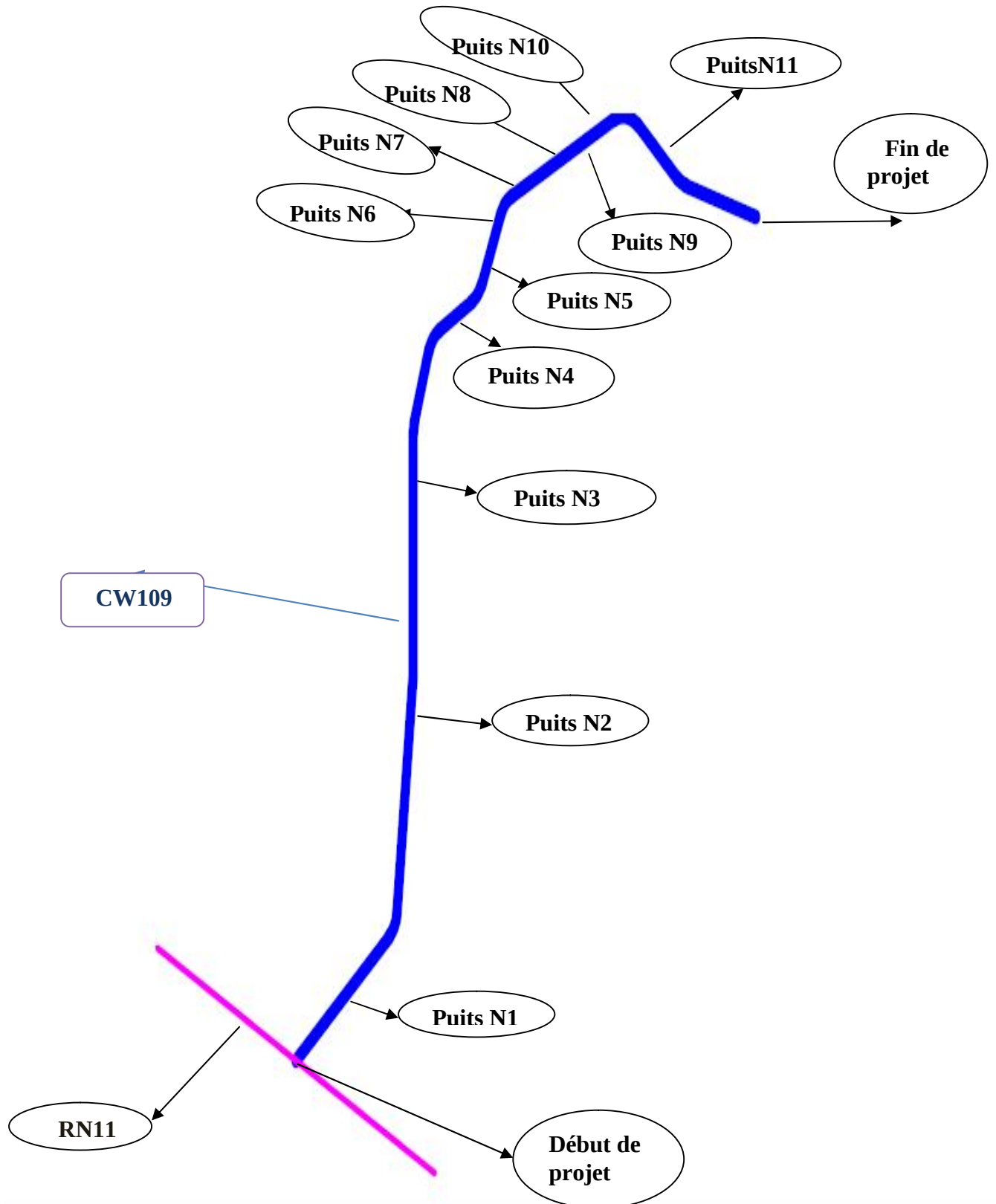


Schéma d'implantation des puits

C. Essais in situ

C.1 Sondages carottés

La réalisation des sondages carottés nous a permis de mettre en évidence, de haut en bas, les formations suivantes:

1. Sondage carotté SC N°01

- 0.00 à 1.00 m : Argile sableuse brunâtre.
- 1.00 à 10.0 m : Argile marneuse grisâtre avec un passage très graveleux entre 7.0 à 7.30m (gros galets roulés).

2. Sondage carotté SC N°02

- 0.00 à 1.50 m : Sable limoneux, graveleux rougeâtre.
- 1.50 à 5.20 m : Argile marneuse à sableuse jaunâtre à verdâtre avec présence de concrétions calcaires avec passage de fragments de schistes.
- 5.20 à 6.50 m : Argile sableuse à graveleuse
- 6.50 à 7.40 m : Marne schisteuse, bariolée, broyée lors de sondage.
- 7.40 à 8.00 m : Sable limoneux brunâtre avec présence des graviers de différentes dimensions.
- 8.00 à 9.40 m : Schistes grisâtres fragmentés et plus sains en profondeur.

Description lithologique :

1. Puits de reconnaissance P.R.1

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 à 0.06 m	Couche de roulement (Asphalte).
0.06 à 0.25 m	Gravier bitumineux
0.25 à 0.80 m	T.V.O (0/40) et tuf compacté.
0.80 à 2.00 m	Argile sableuse brunâtre.

2. Puits de reconnaissance P.R.2

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 à 0.10 m	Couche de roulement (Asphalte).
0.10 à 0.20 m	Gravier bitumineux
0.20 à 0.60 m	Tout Venant de l'Oued
0.60 à 2.10 m	Argile limoneuse à sableuse brunâtre

2. 3Puits de reconnaissance P.R.3

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 à 1.20 m	Terre végétale avec présence de la tourbe noirâtre, racines des végétaux et des grands arbres.
1.20 à 2.0 m	Argile légèrement sableuse brunâtre.

1. 4Puits de reconnaissance P.R4

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 à 0.20 m	Terre végétale formée de limons sableux ocre avec présence des racines des végétaux et des grands arbres.
0.20 à 5.00 m	Tout Venant de l'Oued avec présence de gros galets et quelques fragments de schistes.

5Puits de reconnaissance P.R5

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 à 0.30 m	Terre végétale.
0.30 à 0.80 m	Argile limoneuse avec des concrétions calcaires.
0.80 à 3.00 m	Marne argileuse jaunâtre avec présence de matière organique et débris schisteux et quelques galets en profondeur.

6Puits de reconnaissance P.R6

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 à 0.40 m	: Terre végétale formée de limons sableux noirâtres avec présence de la matière organique.
0.40 à 2.20 m	Sable limoneux à légèrement argileux brunâtre à rougeâtre avec des fragments de schistes altérés (traces d'oxydation).

7. Puits de reconnaissance P.R7

<i>Profondeur en (m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0.00 à 0.07 m	Asphalte (revêtement).
0.07 à 0.20 m	Gravier bitumineux
0.20 à 2.20m	Limons sableux rubéfiés.

8. Puits de reconnaissance P.R8

<i>Profondeur en (m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0.00 à 0.05 m	Asphalte.
0.05 à 0.20 m	Gravier bitumineux
0.20 à 2.00m	Sable limoneux à légèrement argileux rubéfiés.

9 Puits de reconnaissance P.R9

<i>Profondeur en (m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0.00 à 0.60 m.	Terre végétale formée de limons sableux graveleux rubéfiés
0.60 à 2.10 m	T.V.O, gros blocs, galets et fragments schisteux faiblement cimentés avec un liant limoneux à sableux.
2.10 à 3.00 m :	Marne argileuse bariolée avec une forte présence de concrétions calcaires.

c.2 Essais au laboratoire

Afin de compléter la reconnaissance in-situ, et mieux connaître les caractéristiques physico-mécaniques du sol étudié. Nous avons prélevé des échantillons sur lesquels ont été réalisés des essais en laboratoire.

Essais d'Identification :

Ces essais ont consisté en des essais physiques :

- des analyses granulométriques et sédimentométriques (voir courbes granulométriques).
- des mesures de limites d'Atterberg, W_L , W_p (%), I_p (%) ; I_c (%)

Essais mécaniques :

Les caractéristiques mécaniques du sol ont été déterminées à partir des essais de

- Compressibilité à l'oedomètre (P_c , C_c , C_g)
- Cisaillement au triaxial, (C_{cu} (bar), ϕ_{cu} (°)). au niveau du sondage carotté N° 04

Les résultats des essais d'identification effectués sur des échantillons prélevés à partir des puits de reconnaissance sont récapitulés dans le tableau suivant

-Tableau récapitulatif – I

P.R N°	Profondeur	Teneur en Eau	Granulométrie	Limites d'Atterberg		
			Passant à 80 mm	WL (%)	WP (%)	IP (%)
01	-	-	78.67	55.9	27.18	28.72
02	-	-	69.17	45.05	24.4	20.64
03	-	-	97.50	51.76	26.62	25.14
04	-	4.41	6.94	30.19	18.56	11.63
05	-	-	53.33	46.05	24.73	21.32
06	-	-	52.50	45.09	24.39	20.7
07	-	-	25.33	40.67	23.73	16.94
08	-	-	25.42	43.62	24.64	18.98
09	0.80 à 1.40	-	46.92	49.13	25.25	23.88
09	2.10 à 3.00	-	18.43	49.99	26.38	23.61

c.2.1 Essais d'Identification :**1. Analyses granulométriques:**

L'analyse des courbes granulométriques dénote des sols relativement fins, selon la classification de L.C.P.C, dont le pourcentage des particules inférieures à 80 μm est supérieur à 50%.

L'analyse sédimentométriques donne une teneur en éléments inférieurs à 3 μm est inférieur à 20 % en moyenne.

2. Limites d'Atterberg:

Sur la base des résultats des limites d'Atterberg, on constate que les limites de liquidité W_L varie de 30.19 % à 55.9 %, les limites de plasticité varie entre 18.56 % et 27.18 %.

L'indice de plasticité I_p varie entre 18.98% à 28.72 %.

Dans l'ensemble, les couples (W_L , I_p) montrent que les points se localisent au dessus de la ligne A, dans la zone des argiles très plastiques (At), à l'exception des échantillons des puits de reconnaissance PR4 et PR7, où nous avons des indice de plasticité I_p variant entre 11.63 à 16.94, ce qui permet de classer les sols comme étant des sols moyennement plastiques.

c.2.2 Essais mécaniques :**.Essais oedométriques:**

Les essais de compressibilité à l'oedomètre, ont permis de déterminer une pression de préconsolidation de P_C , varient $0.93 \text{ bar} < P_C < 2.43 \text{ bar}$.

Les valeurs de l'indice de compressibilité C_c restent dans l'intervalle (14.30% à 17.80%), caractérisant un sol peu à moyennement compressible.

Cependant, le coefficient de gonflement C_g varie entre 2.65 % et 9.50 %, ce qui permet d'attribuer le caractère gonflant à ce type de sol.

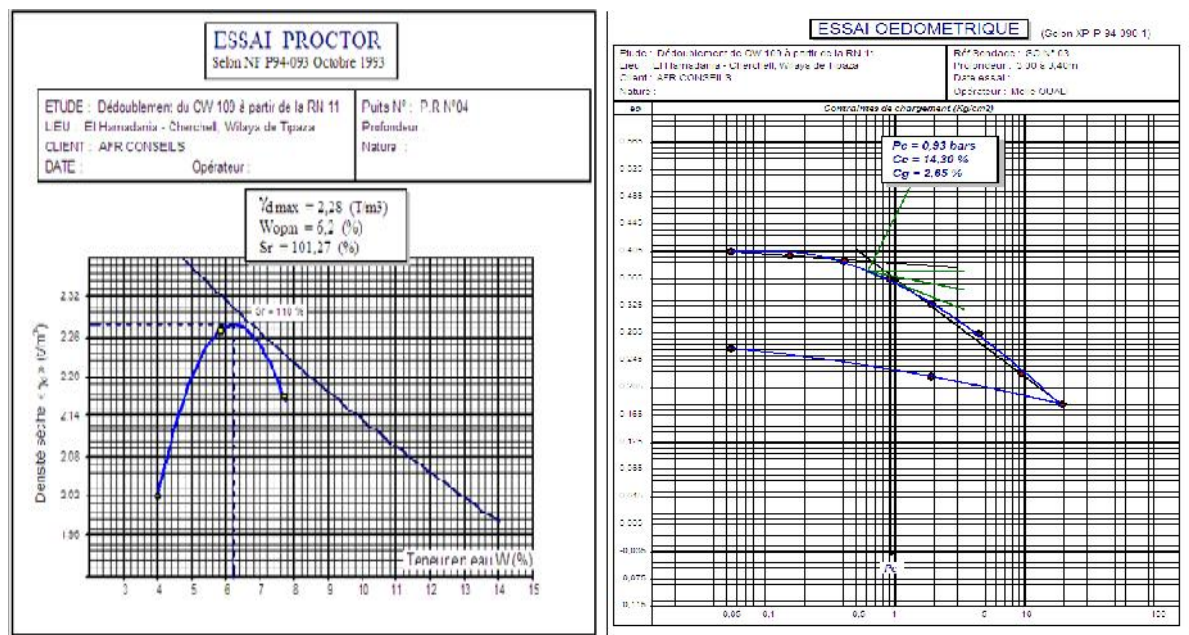
Tableau récapitulatif - III –

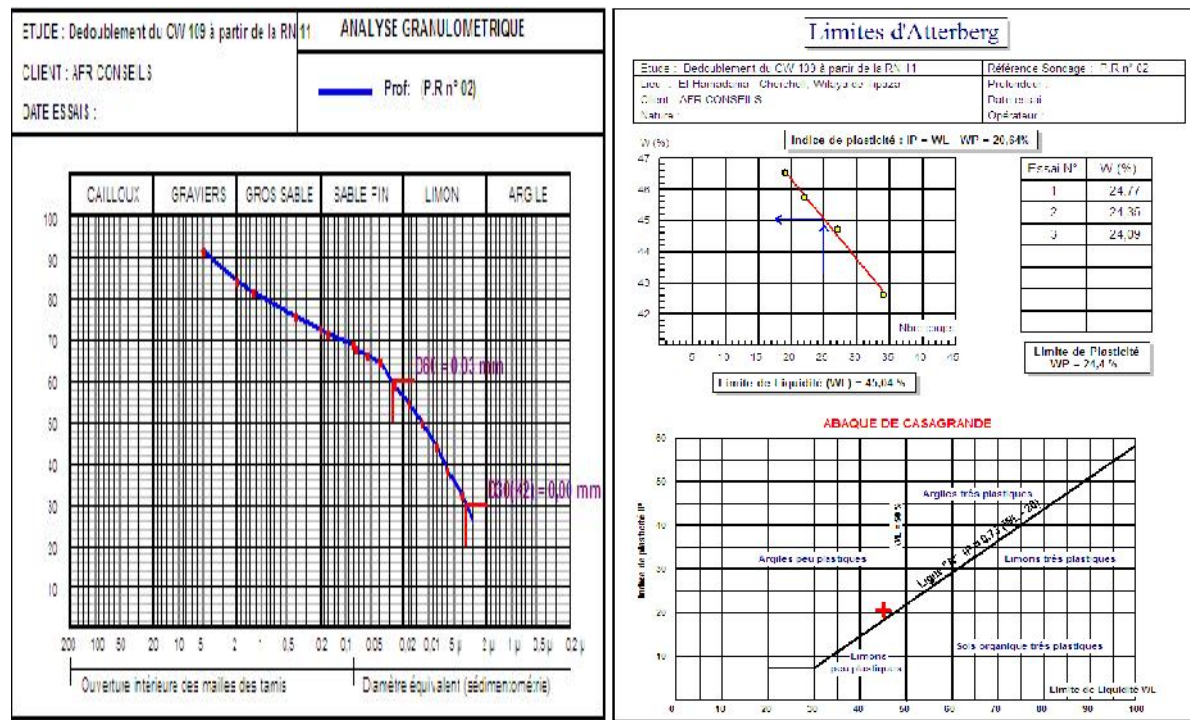
SC N°	Profondeur (m)	Essais oedométriques		
		Pc (Bars)	Cc (%)	Cg (%)
03	3.00 à 3.40	0.93	14.30	2.65
	6.00 à 6.45	2.43	17.80	9.50

N° de l'échantillon	Proctor modifié		C.B.R	
	$\gamma_{d\max}$ (t/m³)	W_{OPM}	CBR à 95% de l'OPM (%)	95% de l'OPM (t/m³)
01	1.83	13.1	2.06	1.74
02	1.97	10.3	1.57	1.88
05	2.01	8.8	1.04	1.91
07	2.07	8.20	8.05	1.97
08	1.96	11.3	2.86	1.86

Résultats des Essais Mécaniques

Proctor et C.B.R





Commentaire :

Ces sols présentent une densité sèche moyenne de 02t/m³, les essais de poinçonnements réalisés sur les différents échantillons après 04 jours d'imbibition à 95% de l'optimum Proctor ont fournis des résultats de portance relativement faibles (indice CBR variant entre 1.04 et 8.05). Ont mis l'évidence caractère peu gonflant de peut gonflant de ces matériaux

D.Classification des sols SELON LA norme NF P 11-300 ou G.T.R.GTR (SETRA-LCPC) :

D-1.Généralités :

Les sols sont classés d'après leur nature, leur état et leur comportement.

D-1-1.Paramètres de nature :

Ce sont des paramètres qui ne varient pas ou peu ni dans le temps, ni au cours des manipulations:

◆ La granularité,

- ✿ Le D_{max}
- ✿ Tamisat à 2 mm
- ✿ Tamisat à 80 μm (ou % de fines)

◆ L'indice de plasticité : Ce paramètre caractérise l'argilosité des sols.

Seuils retenus :

- ✿ 12 : Limite supérieure des sols faiblement argileux.
- ✿ 25 : Limite supérieure des sols moyennement argileux.
- ✿ 40 : Limite entre sols argileux et très argileux.

D-1-2. Paramètres de comportement mécanique :

L'introduction dans la classification de ces paramètres résulte du fait que des sols de nature comparable peuvent se comporter de manière relativement différente sous l'action des sollicitations subies au cours de leur mise en œuvre.

Les paramètres de comportement mécanique à prendre en compte dans la classification des sols sont la valeur **LOS ANGELES** L_A , et la valeur **MICRO DEVAL** en présence d'eau M_{DE} , ou la valeur de **friabilité des sables** F_S pour les sols sableux

D-1-3. Paramètres d'état :

Il s'agit des paramètres qui ne sont pas propres au sol, mais fonction de l'environnement dans lequel il se trouve.

Pour les sols meubles sensibles à l'eau, le seul paramètre d'état considéré dans la classification est **l'état hydrique** : son importance est capitale vis-à-vis de tous les problèmes de remblai et de couche de forme.

D-1-4. Différents états hydriques considérés :

- ◆ **L'état très humide (th)** : Etat d'humidité très élevé ne permettant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.
- ◆ **L'état humide (h)** : Etat d'humidité élevé autorisant toutefois la réutilisation du sol en prenant des dispositions particulières (aération, traitement, etc.) estimées comme normales dans le contexte technico-commercial actuel.
- ◆ **L'état d'humidité moyenne (m)** : Etat d'humidité optimale (minimum de contraintes pour la mise en œuvre).
- ◆ **L'état sec (s)** : Etat d'humidité faible mais autorisant encore la mise en œuvre en prenant des dispositions particulières (arrosage, sur compactage, etc.) estimées comme normales dans le contexte technico-économique actuel.
- ◆ **L'état très sec (ts)** : Etat d'humidité très faible n'autorisant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales

Les tableaux ci-après, extraits de la norme **NF P 11-300**, définissent la classification des sols répartis entre 4 classes :

1. **Classe A** : sols fins,
2. **Classe B** : sols sableux et graveleux avec fines,
3. **Classe C** : sols comportant des fines et des gros éléments,
4. **Classe D** : sols insensibles à l'eau.

Compte tenu des paramètres sus énumérés, la classification des matériaux selon le GTR est comme suit :

N° de puits	Classification selon GTR
1.	la classe A et la sous classe A ₃
2.	la classe A et la sous classe A ₂
3.	la classe A et la sous classe A ₃
4.	la classe A et la sous classe A ₂
5.	la classe A et la sous classe A ₂
6.	la classe A et la sous classe A ₂
7.	la classe A et la sous classe A ₂
8.	la classe A et la sous classe A ₃
9.	la classe A et la sous classe A ₂

VII. 1. Introduction

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car la qualité de ce projet ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisé, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc.

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction de chaussées joue à ce titre 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 réalisés conformément aux exigences arrêtées.

Enfin, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

VII. 2. La chaussée :

VII. 2.1. Définition :

- ✓ **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 :

a) Couche de surface :

Elle est composée de la couches de roulement et de la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est:

- 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.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

b) Couche de base :

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

c) Couche de fondation :

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

d) Couche de forme :

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

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

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

VII. 2.2 Les différentes catégories de chaussée :

Il existe deux catégories de chaussées:

- ✓ Les chaussées classiques (souples et rigides)
- ✓ Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

Chaussée :

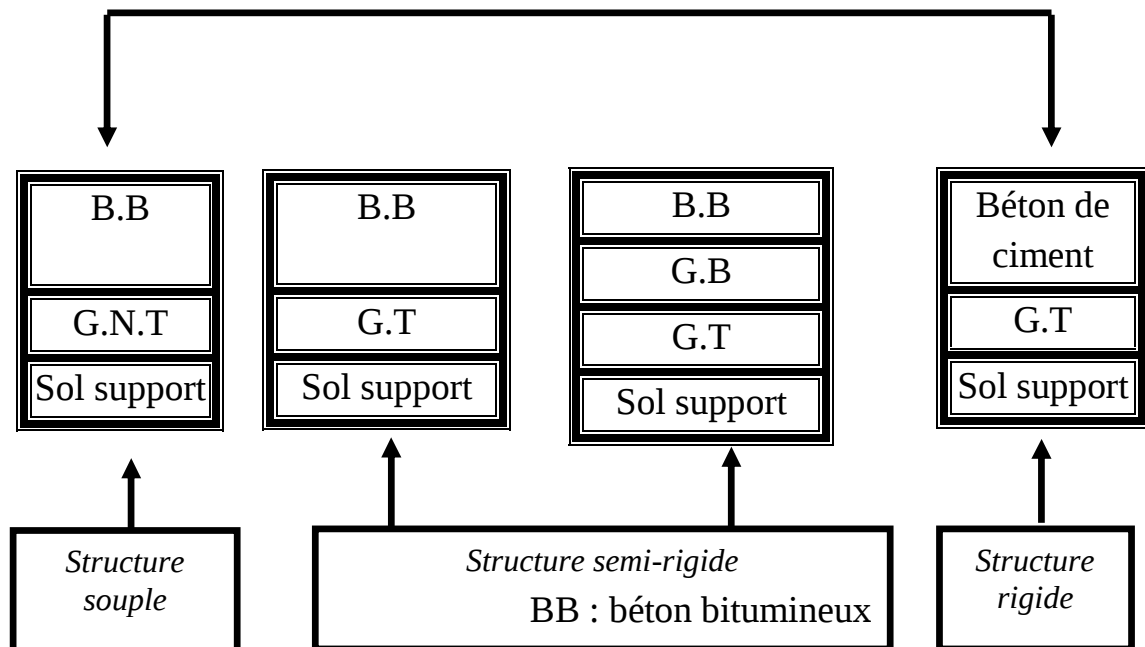


Figure VII. 1- les différentes catégories de chaussée

- GB : grave bitume
- GT : grave traité
- G.N.T : grave non trait.

VII.3. - Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux types de méthode :

- ✓ 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 passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

VII.3.1 - 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'eau moins de 15cm.

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

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où: c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence. **et** e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau : **Tableau VII. 1 :**

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

VII. 3.2 - 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 environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

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

VII 3.3 - Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

Elle est basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

VII. 3.4 - Méthode du catalogue des structures :

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 Véh/J.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

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

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

VII. 3.4.1 - Détermination de la classe de trafic :

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

Tableau VII. 2 :

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T_1	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T_2	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T_3	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T_4	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T_5	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

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

n : durée de vie ($n = 20$ ans)

VII. 3. 4. 2 - Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau VII. 3 :

Classe de sol	Indice C.B.R
S0	> 40
S1	25 - 40
S2	10 - 25
S3	5 - 10
S4	< 5

VII. 3. 5 - La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :**VIII.**

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

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

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.

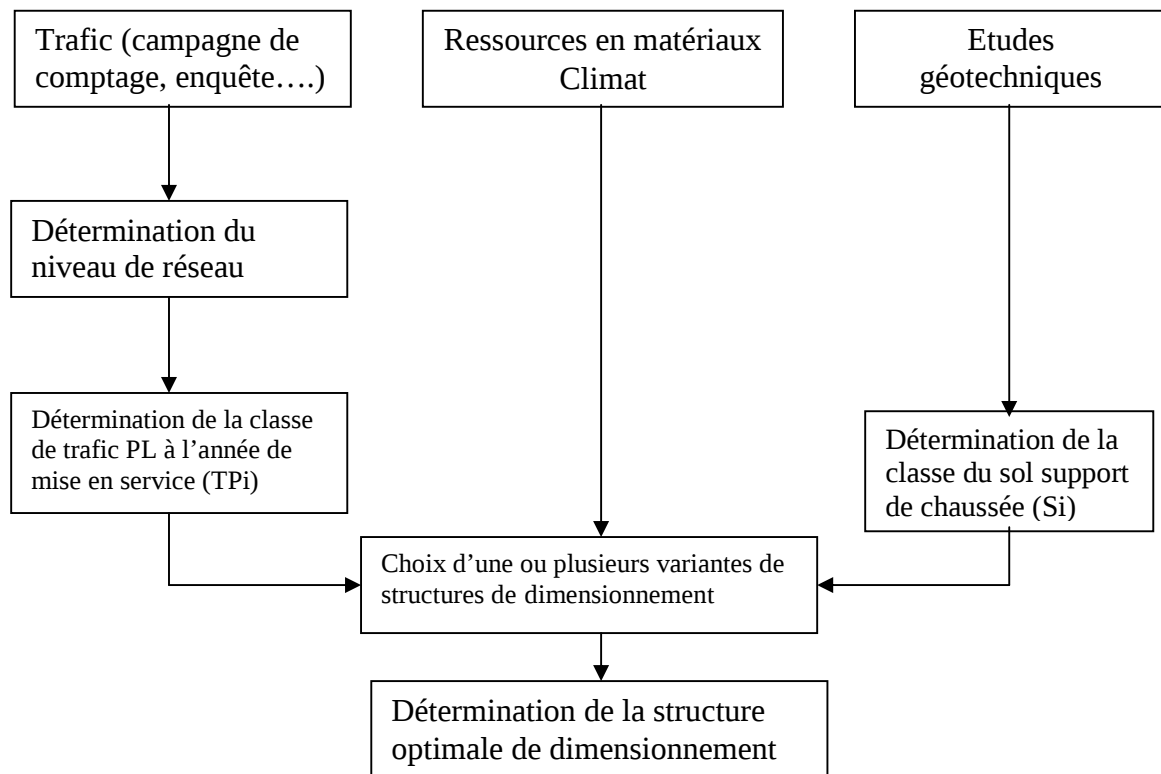
VII. 3. 5. 1 - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**VIII.**

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

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

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

La démarche du catalogue :**VII.4 - APPLICATION AU PROJET****8-9. Détermination des caractéristiques du sol de tracé :**

- ◆ L'étude géotechnique permet de donner plusieurs valeurs de CBR qui se diffèrent d'un puits à un autre,
- ◆ il est évident qu'on ne va pas construire un corps de chaussée pour chaque zone,
- ◆ donc on détermine une valeur pour dimensionner la structure de l'itinéraire.

Rappel des résultats d'essai CBR :

Echantillons	Indice CBR à 95% de L'OPM
Puits 01	2.06
Puits 02	1.57
Puits 05	1.04
Puits 07	8.05
Puits 08	2.86

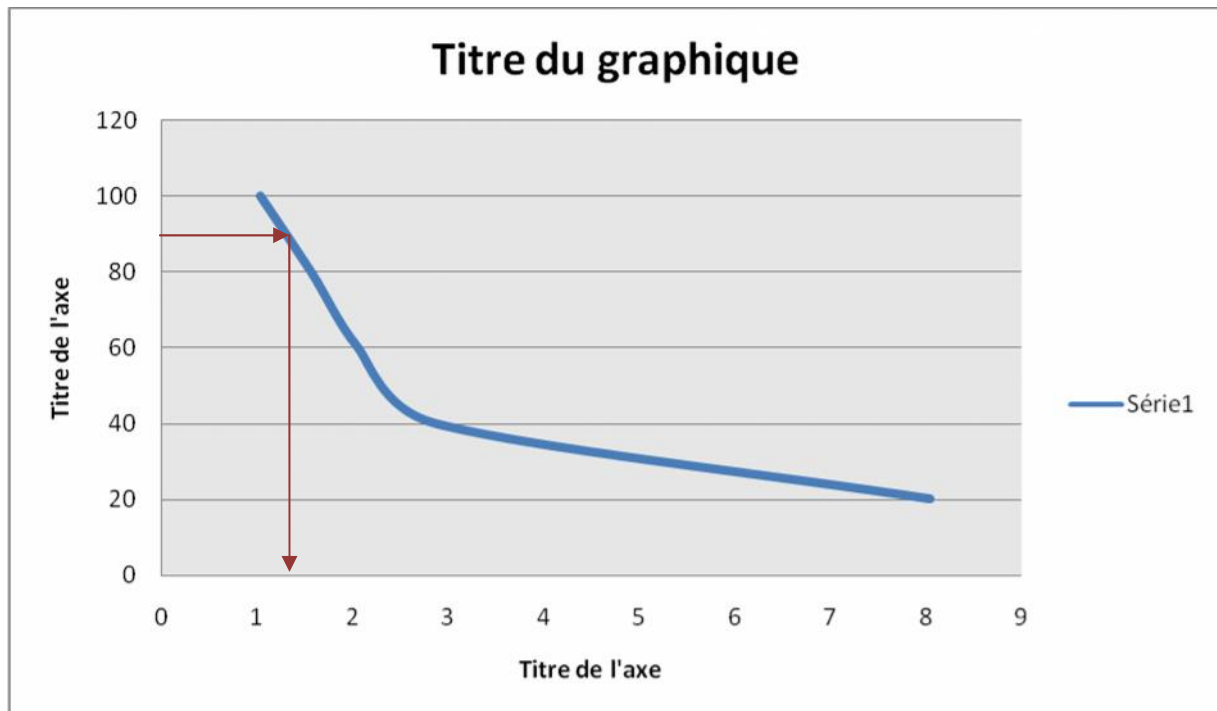
- **Référence : LABORATOIRE DE LA MITIDJA DE TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS**

Tableau des résultats d'indice CBR.

- pour notre projet un risque de 15%.
- Cette méthode consiste à ordonner les résultats de la plus petite valeur jusqu'à la plus grande. Population : 1.04-1.57-2.06-2.86-8.04
- Occurrences : 5-4-3-2-1.
- Calcul les fréquences : 1 ; 4/5 ; 3/5 ; 2/5 ; 1/5.
- Fréquences -occurrence : 100%,80%,60%,40%,20%.
- Tracé de sécurité : Graphe d'indice CBR en fonction de la fréquence

indice CBR	fréquence%
1.04	100
1.57	80
2.06	60
2.86	40
8.04	20

Tableau : comporte les valeurs d'indice CBR arrangé et sa fréquence



D'après le graphe de sécurité :

- ✿ Pour CBR=1.04 est assuré la sécurité sur tous le projet.
 - ✿ Pour CBR=8.04 est assuré la sécurité de 20% du projet.
 - ✿ On choisit une valeur de CBR : $\left\{ \begin{array}{l} \text{est assurer la sécurité} \\ \text{l'économique} \end{array} \right.$
 - ✿ On choisit une valeur de CBR est assurer la sécurité de 90 %:
- | | | | |
|------|---|------|----------|
| 1.04 | → | 100% | |
| CBR | → | 90% | CBR=1.30 |
| 1.57 | → | 80% | |

8-10.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.

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 kg à vide.

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

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Où: c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

8-10-1.Coefficient d'équivalence :

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

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

Application de cette méthode dans le projet :✓ Rappel des données :

✓

L'année de mise en service : 2014

La durée de vie : $n = 20$ ans.Le pourcentage (%) des poids lourds : $Z = 10\%$ Taux de croissance annuel de trafic: $\tau = 4\%$

Le trafic journalier annuel est TJMA2008: 10500V/J

La vitesse de base 60 km/h.

Indice CBR $I_{CBR}=1.30$

N.B : lorsque l'indice CBR est très faible $I_{CBR} \leq 3$, le module du sol support n'est que de 15Mpa, ce qui donnera une assise en GNT de faible rigidité. Dans ce cas, il est préférable d'opter une couche de forme.

À partir de catalogue de dimensionnement on va élever la classe du sol support, par les matériaux d'emprunt de tuf de CBR $I_{CBR}=11$ jusqu'à la classe S_2 et l'épaisseur de la couche de forme sera 60Cm.

◆ Trafic à l'année horizon (2034): $TJMA_{2034} = 34930 \text{ v/j.}$ $PL = 10\%$. $34930 \text{ v/j} \longrightarrow 100\%$ $N(PL) \longrightarrow 10\%$

$$N(PL) = \frac{34930 \times 10}{100}$$

 $N(PL) = 3493 PL/j.$ $N(PL) = 3899 \times (1/2) = 1949 \text{ PL/j/sens.}$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{1949}{10})}}{11 + 5} = 36.44 \text{ cm} \approx 37 \text{ cm}$$

$$e = c_1 \neq e_1 + c_2 \neq e_2 + c_3 \neq e_3 + c_4 \neq e_4$$

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée.

On fixe « e 1 », « e2 » et « e4 » et on calcule « e 3 », généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 - 8 cm, GB = 8 - 15 cm, GC = 15 - 25 cm

On suppose:

Nom de la couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche.
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,5	10
Fondation	GC	1	?

$$e_3 = 37 - (2 \times 6 + 1,5 \times 10) = 10 \text{ cm.}$$

Couches équivalentes

12 cm

15 cm

10 cm

60 cm



Couches réelles

Couche de roulement 6cm

Couche de base 10

Couche de fondation 10cm

Sous couche de 60 cm tuf

8-11.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

8-11-1.Choix du niveau de réseau principal :

Tous les axes étudiés ont un TJMA > 1500 v/j réseau principal RP1 (voir catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 8).

Le projet est à M'SILA (zone climatique I : pluviométrie > 600 mm/an) (voir catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 24).

8-11-2.Choix des structures types par niveau de réseau principal :

D'après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur une structure de type : **GB/GNT**

niveau de réseau principal	Matériaux types	Structure
RP1	MTB (matériau traité au bitume)	GB/GNT

(voir catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 9).

8-11-3.Détermination de la classe de trafic :

⇒ Durée de vie : 20 ans, taux de d'accroissement : 4 %.

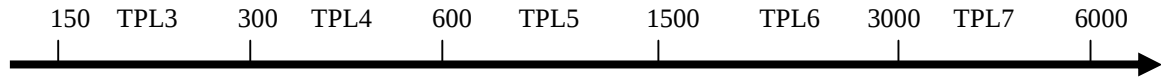
TJMA (2014) 13285 **uvp /j**

⇒ $N_{PL} = 13285 \times 10\% \times (1/2) \times 0.9 = 598 \text{ PL/j / sens/voie.}$

♦ Donc TPL = 598 PL/j / sens/voie.

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

Classe TPLi pour RP1 :



PL/j/sens

8-11-4.Caractéristiques du sol support :

L'indice de CBR=1.30 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S4. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité de 60cm (en deux couches) ou sol traité à la chaux en place de 50cm pour améliorer la portance de sol support.

Pour notre cas on a un CBR=1.30 $\Leftrightarrow$ S4 $\Leftrightarrow$ nous proposons e_{cf} =60cm de TUF ou sol traité à la chaux en place de 50cm pour $\Leftrightarrow$ S2.

(Voir catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 26 et 29).

8-11-5.Détermination de l'épaisseur :

D'après la fiche structure, on choisit:
6 BB+20 GB+30 GNT.

TPL 2014(PL/J/Sens)	TPLi	Si	Epaisseur convertie en cm+structure
598	TPL4	S2	6 BB + 15GB + 35GNT

Vérification de dimensionnement par catalogue algérien :

Résultat donnée par ALIZE III :

```

dedoublement wc109
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
      A=   12.500    D=   37.500    Q=    6.620
NOMBRE DE COUCHES  4

*****
*          *          *          *          *          *
* Z        *          EPSILONLT * SIGMAT * EPSILONZ * SIGMAZ *
*****
* .00*          * .148E-03C* .117E+02B* -.119E-03C* .662E+01A*
* E= 40000.     *          *          *          *          *
* NU= .35       *          *          *          *          *
* H1= 6.00      *          *          *          *          *
* 6.00*          * .608E-04C* .610E+01B* -.630E-04C* .582E+01B*
* --- COLLE --- *          *          *          *          *
* 6.00*          * .608E-04C* .833E+01B* -.653E-04C* .582E+01B*
* E= 70000.     *          *          *          *          *
* NU= .35       *          *          *          *          *
* H2= 15.00     *          *          *          *          *
* 21.00*         * -.131E-03C* -.124E+02B* .121E-03B* .511E+00B*
* --- COLLE --- *          *          *          *          *
* 21.00*         * -.131E-03C* -.496E-01C* .382E-03B* .511E+00B*
* E= 1375.      *          *          *          *          *
* NU= .25       *          *          *          *          *
* H3= 35.00     *          *          *          *          *
* 56.00*         * -.143E-03C* -.186E+00C* .217E-03C* .210E+00C*
* --- COLLE --- *          *          *          *          *
* 56.00*         * -.143E-03C* -.400E-02C* .383E-03C* .210E+00C*
* E= 550.       *          *          *          *          *
* NU= .35       *          *          *          *          *
* H4=INFINI     *          *          *          *          *
*****
* D        *          57.77MM/100          *          R*D          *
* R        *          557.70M              *          32219.97M*MM/100
*****
MODULES ET CONTRAINTE EN BARS

```

Calcul de la déformation admissible du sol support (ϵ_z) :

La déformation verticale admissible du sol support est donnée par la relation :

$$\epsilon_{z,ad} = 22.10^{-3} \cdot (TCE)^{-0,235}$$

Calcul le TCE : $TCE = TPL_i \cdot \frac{(1+i)^n}{i} \cdot 365.A = 598x \frac{(1+0.04)^{20}}{0.04} \times 365 \times 0.6$

$$\text{TCE}_i = 2.60 \times 10^6$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 22.10^{-3}(2.60.10^6)^{-0.235} = \mathbf{0.60 \times 10^{-3}}$$

3) Calcul de la déformation admissible en traction $\epsilon_{t,adm}$:

La déformation admissible en traction sous la base de la couche bitumineuse (GB)

est donnée par la relation :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ \text{ C}, 25\text{HZ}) \cdot k_{ne} \cdot k_{\theta,kr} \cdot k_c$$

K_c	$K_r=10^{-tb\delta}$	$\epsilon_6(10C,25Hz)$	K_θ	K_{ne}
1.3	0.86	100.10^{-6}	25	0.52

Alors :

$$e_{b,adm} = 1.4 \times 10^{-3}$$

La vérification :

	ϵ_t, adm	ϵ_z, adm	$\epsilon_z (calcul)$	$\epsilon_t (calcul)$	vérification
Structure 6BB+20GB+30GC	$0.14.10^{-3}$	$0,60.10^{-3}$	$0.38.10^{-3}$	$0.13.10^{-3}$	Oui

❖ la structure donnée par le catalogue est acceptable.

Résumé : L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

	C.B.R	Catalogue des structures
Structure	6BB+10GB+10GC	6BB+15GB+35GNT.
Epaisseur équivalence	26cm.	56 cm.

8-13-6.Conclusion :

On choisit la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées pour les avantages suivants :

- ❖ Donne rapidement plusieurs solutions comparables sans avoir recours à des calculs fastidieux.
- ❖ Entrée les influents des Facteurs climatique de la région (Tipaza) : les conditions climatiques : température, gel, dégel, pluie.
- ❖ Guide construit pour dimensionnée la structure des chaussées Algérien.
- ❖ Augmentation de la longévité de la route.
- ❖ Minimiser les coûts d'entretien.
- ❖ Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- ❖ Un meilleur comportement à l'agressivité des charges.

Finalement voilà le corps de chaussée qu'on adopte pour notre présent projet :



VII. 5 – Renforcement de la chaussée existante

Il en existe plusieurs méthodes de renforcement des chaussées. Ces méthodes sont basées sur les hypothèses les plus souvent propres à chaque pays ou région suivant type de sol, le trafic et le climat.

Les méthodes de renforcement utilisées en Algérie sont :

- Méthode du catalogue des structures type de renforcement.
- Norme Espagnole 6.3 IC.
- Méthode SETRA-LCPC type de renforcement.

Pour l'utilisation du guide de renforcement, on fait intervenir les coefficients d'équivalence des matériaux neufs et matériaux usés ; donc deux épaisseurs équivalentes.

La différence entre l'épaisseur de la chaussée neuf et l'épaisseur résiduelle donne l'épaisseur du renforcement à appliquer.

L'épaisseur de la chaussée existante : **6BB + 10GB + 25GNT**

Tableau VII – 5

Matériaux	E_{Rex}	C_e	$E_{\text{éq ex}}$
BB	06	1.5	9
GB	10	1.2	12
GNT	25	1	25
Total	41		51

Donc $R = E_{\text{éq}} - E_{\text{éq ex}} = 56 - 46 = 10$

Alors $6 \times 1.5 = 9 \approx 10$

D'où le renforcement de la chaussée est de:

6BB

X.1) Introduction :

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

L'eau est le premier ennemi de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage 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 provoquer par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées :

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

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.

X.2) Objectif de l'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'érosions.
-  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 effet de gel).

X.3) Assainissement de la chaussée :

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.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

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.

A- Fossé de pied du talus de déblai :

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 %.

B- Fossé de crête de déblai :

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.

C- Fossé de pied de 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.

D- Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. 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.

E- Descentes d'eau :

Dans les sections d'autoroute 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.

X.4) Quelques définitions :

X.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).

X.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.

X.4.3) Chambre de visite (cheminée) :

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.

X.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.

X.4.5) Fossés de crêtes :

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

X.4.6) Décente d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes

X 4-7) 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.

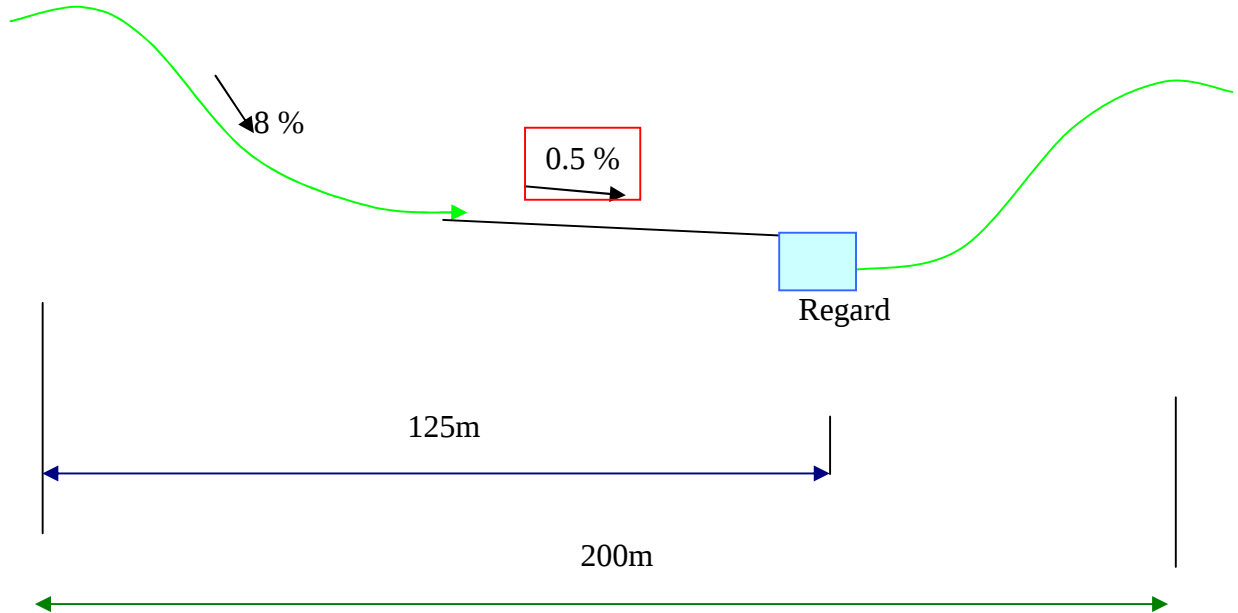


Figure 1

X.5) Dimensionnement de Réseau d'assainissement à projeter :

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode Rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe:

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

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

$$Q_a = K.C.I.A$$

Avec :

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

I : 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).

Données hydrauliques :

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude de la S.AE.T.I :

- ✚ Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_j = 54.57\text{mm}$
- ✚ Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.47$
- ✚ L'exposant climatique de la région $b = 0.38$
- ✚ Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

a) Calcul de précipitation :

La précipitation P_j (%) est obtenue par la formule suivante :

$$P_j (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	40	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

(Tableau 1)

Important :

- ✚ 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 dimensionnés pour une période de retour 100 ans

b) Détermination de l'intensité :**Calcul de la fréquence d'averse :**

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) (t/24)^b$$

P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)

P_j : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

T : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu'à son exutoire ou le point de calcul).

Intensité de l'averse :

$$I_t = I (t/24)^{b-1}$$

Avec : $I = P_j (\%) / t$

Coefficient de ruissellement :

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

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (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

(Tableau 2)

c- Calcul de débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de **MANNING - STRICKLER** :

$$Q_s = S \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot j^{1/2}$$

Tel que :

✚ S : section mouillée.

✚ K : coefficient de **STRICKLER** qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage

Avec :

Paroi en terre : $K=30$.

Paroi en béton : $K=60$.

✚ R : rayon hydraulique (m).

✚ I : la pente moyenne de l'ouvrage.

X.6) Application au projet :**a) calcul de précipitation journalière :**

On a :
$$p_j(10\%) = \frac{p_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

En général pour les routes principales on prends compte de la fréquence décimale (10 ans), donc la variable de Gauss $U=1.28$ (tableau 1) et $C_v=0.47$ donc :

$$p_j(10\%) = \frac{54.74}{\sqrt{(0.47)^2 + 1}} \times e^{1.28 \sqrt{\ln(0.47^2 + 1)}} \quad \text{Pluie journalière décimale.}$$

$$p_j(10\%) = 88.07 \text{ mm}$$

b) fréquence d'averse Pt (10%) :

Pour une durée de $T=15\text{mn}$, on la détermine par la formule :

$$p_t = p_j(10\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b$$

Avec :

- $t=0.25 \text{ h.}$
- $b=0.38.$

$$p_t(10\%) = 88.07 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.38} \Rightarrow p_t(10\%) = 15.23 \text{ mm}$$

c) l'intensité de l'averse I_t :

Pour une durée de 24 heures : $I_t = I \cdot (t/24)^b$ Avec :

- $b = b-1 = 0.38-1 = -0.62$
- $t = 0.25.$

$$I = \frac{p_j(10\%)}{t} = \frac{88.07}{24} = 3.67 \text{ mm/heurs.}$$

Donc : l'intensité de la pluie est :

$$I_t = I \left(\frac{0.25}{24}\right)^{b-1} = 3.67 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{-0.62} = 81.77 \text{ mm / heurs.}$$

Dimensionnement du réseau de DRAINAGE :

-Calcul du débit d'apport:

On a : $Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$.

Avec :

- **A** : aire de bassin versant. (m^2)
- **I** : intensité de l'averse.
- **C** : Coefficient de ruissellement.

Les résultats de calcul de chaque axe sont donnés dans le tableau suivant

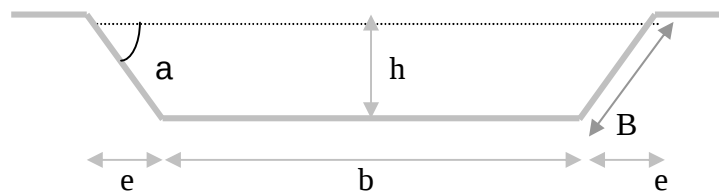
Pour la pénétrante:

Surface D'apport	Surface (m^2)	Coefficient de ruissellement 'c'	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m^3/s) Q_a	Debit total
Chaussée	6900	0,95	82.77	0.152	Q'_0 0.289
Accotement	1100	0,4	82.77	0.018	
Talus	16671	0,3	82.77	0.119	

X.6.1) Dimensionnement des fossés :

Pour dimensionner les fossés, on considère le débit d'apport maximum qui est au niveau de la pénétrante.

La hauteur des talus est supérieure à 4m, alors on prévoit des fossés de forme trapézoïdale à parois en béton.



Les dimensions du fossé sont obtenus d'après la formule ci dessous :

$$Q_{a \max} = Q_s = K \cdot S_{m,I}^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

- $Q_{a \max} = Q_0 = 0.289 \text{ m}^3/\text{s}$ Sachant que $Q_0 = Q_a (\text{chaussée}) + Q_a (\text{accotement}) + Q_a (\text{talus})$.

- K (coefficient de rugosité) pour notre cas: **K= 60** ouvrage en béton.
- I: pente longitudinale du fossé ..

$$R = \frac{S_m}{P_m}$$

Pm: périmètre mouillé.

$$\text{tga} = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

$$C = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1+n^2}$$

$$\text{Donc : } P_m = b + 2.h.\sqrt{n^2+1}$$

S_m: surface mouillée

$$S_m = bh + 2\frac{eh}{2}$$

$$\text{tga} = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

$$S_m = bh + n.h^2$$

$$S_m = h.(b + n.h)$$

$$\text{✚ On a } Q_a = Q_s = (K_{st}.i^{1/2}).h.(b + n.h). \left[\frac{h.(b + n.h)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}} \right]^{2/3}$$

I : est la pente de l'ouvrage trouvée égale à 2.058%.

$$h = \frac{1}{0.8L} \left(\frac{Q_a}{K_{st}.J^{1/2}} \right)^{3/5} (1.6h + L)^{2/5}$$

On prend $b = 50 \text{ cm}$ et on calcul la hauteur par itération, on trouve :
 $h \approx 40 \text{ cm}$ Donc :

$$b = 50 \text{ cm.}$$

$$h = 40 \text{ cm.}$$

X.6.2) Dimensionnement des ouvrages traverses :

1) Ouvrages d'assainissement :

On a réalisé un type d'ouvrage pour notre chaussée, à fin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire.

Pour le volume important on construit alors des dalots.

La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de formes circulaires et rectangulaires.

Le dimensionnement d'un ouvrage hydraulique est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées.

les calculs détaillés du dimensionnement des ouvrages sont cités ci-dessus :

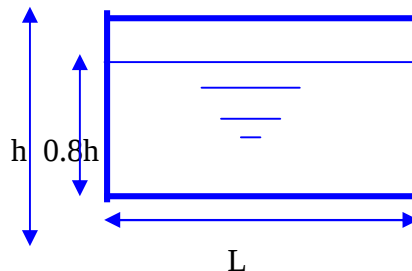
2) Dimensionnement des dalots : PK : 1+675

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton armé.

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

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la largeur nécessaire. La hauteur de remplissage est égale à $\rho = 0.8h$.



Avec:

Périmètre mouillé : $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$

Section mouillée : $S_m = 0.8 \times h \times L$

Rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L}$

Pente longitudinale de l'ouvrage i

Or :

$$Q_s = k_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right]^{2/3}$$

Dans notre cas $K_{st} = 70$ (béton) et i tiré en plan $i = 1\%$.

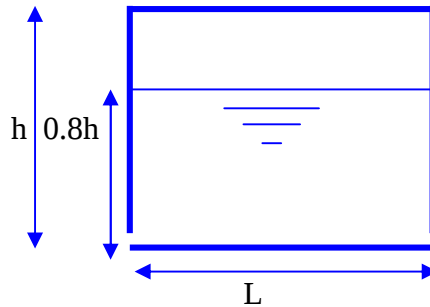
Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER.

$$Q_s \leq Q_a$$

$$Q_s \leq K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right]^{2/3}$$

Et par calcul itérative on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

Application:



$$Q_a = 0.278 \cdot C \cdot I_t \cdot A$$

$$A = 8.96 \text{ ha}, P = 4 \%$$

$$I (2\%) = 5.188 \text{ mm/h}, t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow 1.90 \text{ h}$$

$$I_t = 13.71 \text{ mm/} \Rightarrow Q_a = 10.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si on pose :

$Q_a = Q_s$ et en fixant la largeur $L = 2 \text{ m}$ on trouve :

$$H = 1.70 \text{ m}$$

NB :

Les résultats calculés dans le cadre de notre étude (projet) sont récapitulés dans le tableau suivant :

Le tableau récapitulatif :

N°	Pk (km)	Type	Diamètre Lxh	solution
1	0+000	Dalot	2.40 x 1.40	Prolongement de l'ouvrage
2	0+050	Dalot	1.10 x 1.5	Prolongement de l'ouvrage
3	0+325	Dalot	0.60 x 1.00	Prolongement de

				l'ouvrage
4	1+675	Dalot	2.00 x 1.70	Prolongement de l'ouvrage
5	1+850	Dalot	0.60 x 1.20	Prolongement de l'ouvrage
6	2+050	Dalot	1.00 x 1.10	Prolongement de l'ouvrage
7	2+175	Dalot	0.65 x 0.70	Prolongement de l'ouvrage
8	2+325	Dalot	0.75 x 1.10	Prolongement de l'ouvrage
9	2+500	Dalot	0.70 x 1.10	Prolongement de l'ouvrage
10	2+675	Dalot	0.70 x 1.40	Prolongement de l'ouvrage
11	2+775	Dalot	0.70 x 1.90	Prolongement de l'ouvrage
12	2+875	Dalot	0.65 x 1.20	Prolongement de l'ouvrage
13	3+200	Dalot	0.60 x 1.10	Prolongement de l'ouvrage
14	3+450	Dalot	0.60 x 1.20	Prolongement de l'ouvrage
15	3+700	Dalot	2.00 x 2.50	Prolongement de l'ouvrage
16	4+100	Dalot	0.90 x 1.40	Prolongement de l'ouvrage

Remarque :

-  Pour assainir la partie existante (dédoublage de la chaussée), les ouvrages qui sont bien dimensionnés seront maintenus et prolongés du côté de la partie dédoublée
-  Pour les ouvrages sous dimensionnés, on doit les changer par les nouveaux.
-  Pour ce qui est des ouvrages sur dimensionnés, on va les maintenir et prolonger car le sur dimensionnement permet à l'ouvrage de fonctionner sous saturation.

1^{ER} PARTIE : CARREFOUR

X.1. Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours, car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

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

X.2. Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour :

Les choix d'un aménagement de carrefour doivent s'appuyer sur un certains nombre de données essentielles concernant :

- Les valeurs de débit de circulation sur les différentes branches, l'intensité des mouvements tournant et leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant (point accidentogènes).
- Des caractéristiques de sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Respect de l'homogénéité du tracé.
- De la surface neutralisée par l'aménagement.

X.3. Choix de l'aménagement :

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

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

X.4. Les types de carrefours :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

X.4.a) Carrefour à trois branches (en T) :

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

X.4.b) Carrefour à 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 (s'éloignant de la normale de plus 20°).

X.4.c) Carrefour à quatre branches (en croix) :

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

X.4.d) Carrefour type giratoire ou 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.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

X.5. Principes généraux d'aménagements d'un carrefour :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur 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.

X.5.a) La visibilité :

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.

X.5.b) Triangle de visibilité :

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

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

X.5.c) Données 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.

X.5.d) Les îlots :

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

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- ✓ Décalage entre la tête de l'îlot séparateur et la limite de la chaussée: 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.

X.5.e) 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.

X.5.f) Les couloirs d'entrée et de sortie:

Largeur de couloirs :

- ✓ Entrée 4m.
- ✓ Sortie 5m.

X.6. Application au projet :

1-première carrefour :

X.6.a) Choix de type de l'aménagement:

D'après les données du trafic de chaque bronche et L'environnement et la topographie du terrain d'implantation de chaque carrefour, notre choix de type d'aménagement est réparti comme suite :

- ✓ début de projet (intersection de l'évitement avec la RN16), on a Choisit un Carrefour giratoire pour les raison suivantes :
 - Le trafic sur la route est très important.
 - L'avantage de sécurité.
 - Stockage de véhicule a l'intérieure de lui.
 - Diminuer la vitesse.

X.6.a) Caractéristique géométrique :

i. Forme et dimension de l'îlot central :

▪ **La forme :**

Il est recommandé de donner à l'îlot central une forme circulaire (la sécurité étant meilleur sur les girations circulaires)

▪ **Dimensions :**

En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m en général suffisante pour notre cas, on a prit un rayon de 25m.

ii. Chaussée annulaire :

▪ **Largeur :**

En milieu interurbain ou périurbain, une chaussée annulaire de 8 m de largeur, constituée de deux vois matérialisées de 4m est suffisante.

Il faut éviter les vois supplémentaire de tourné à droite, direction qui pose des problèmes de priorité.

▪ **Dévers :**

On a choisit un dévers uniforme de 2,5 % vers l'extérieur

iii. Géométrie de l'entrée :

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir d'entrée sont les suivantes :

- Un rayon d'entrer de 15m
- largeur d'entrer de 4m

iv. Géométrie de sortie :

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir de sortie sont les suivantes :

- Un rayon de sortie de 20 m
- Une largeur de sortie de 5 m

v. Diagrammes de visibilité :

Carrefour giratoire du début de projet (intersection de la RN 11 avec notre projet (CW 109 dédoublé) :

On a les deux itinéraires **A** (la RN 11) prioritaire et **B** (le CW109 dédoublé) non prioritaire .

D'après le B40 :

En catégorie C1 et environnement E1 sur un alignement: $V_A = 80\text{km/h}$ (pour $V_B=80\text{km/h}$) $a = 2.5\text{m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt)

On a les deux itinéraires

A : (la RN 11) prioritaire à deux voies, C1 et E1.

B : (le CW 109 dédoublé) non prioritaire à (2x2) voies, C4 et E1

- Itinéraires **A** :

$V_0=80\text{ km/h.}$

$d'p\text{ (VP)} = 130\text{m.}$

$d'p\text{ (PL)} = 175\text{m.}$

$d'p\text{ (TAG)} = 175\text{m.}$

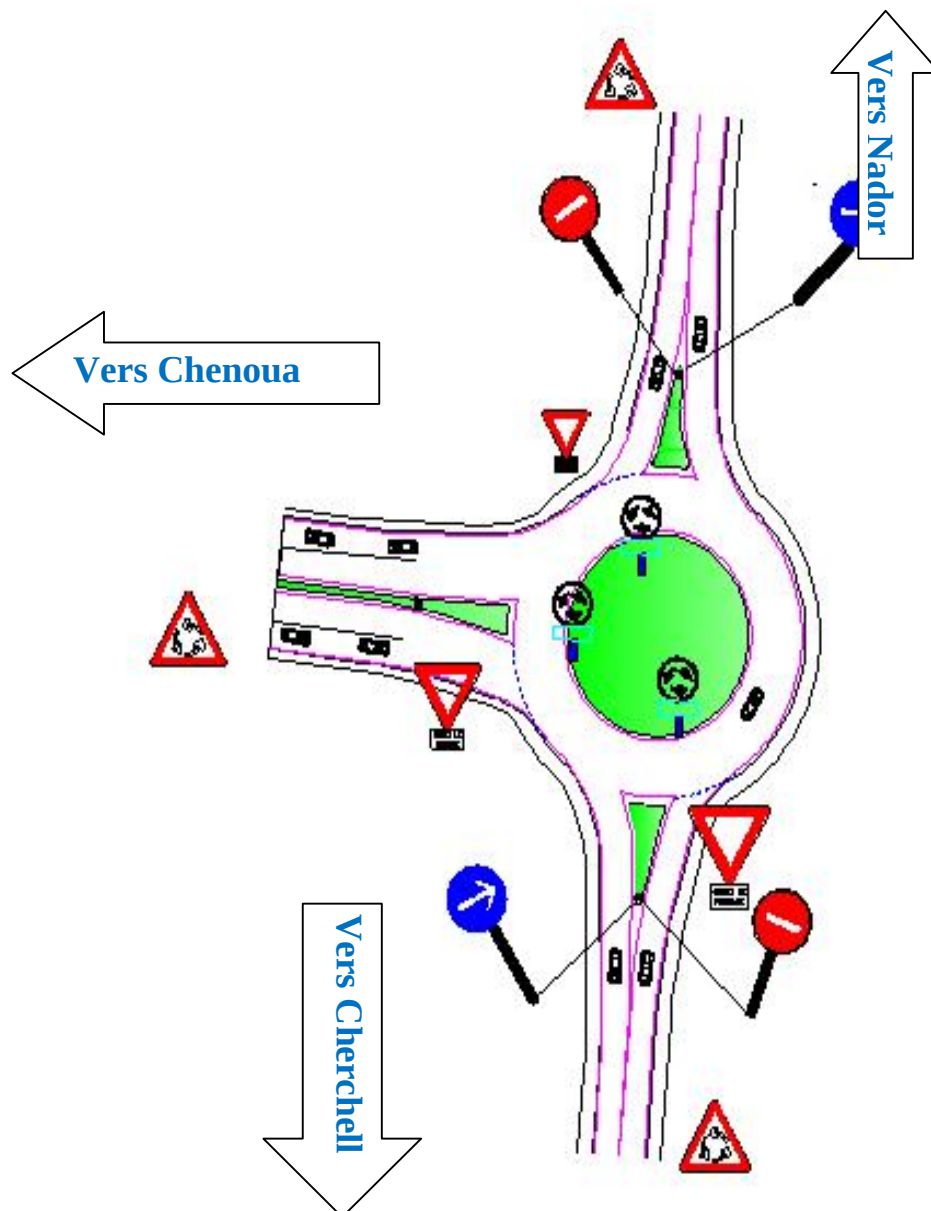
$d'p\text{ (TAD)} = 165\text{m.}$

$dp=80\text{m.}$

- Itinéraires **B** :

$V_0=60\text{ km/h.}$

$dnp=110\text{m.}$

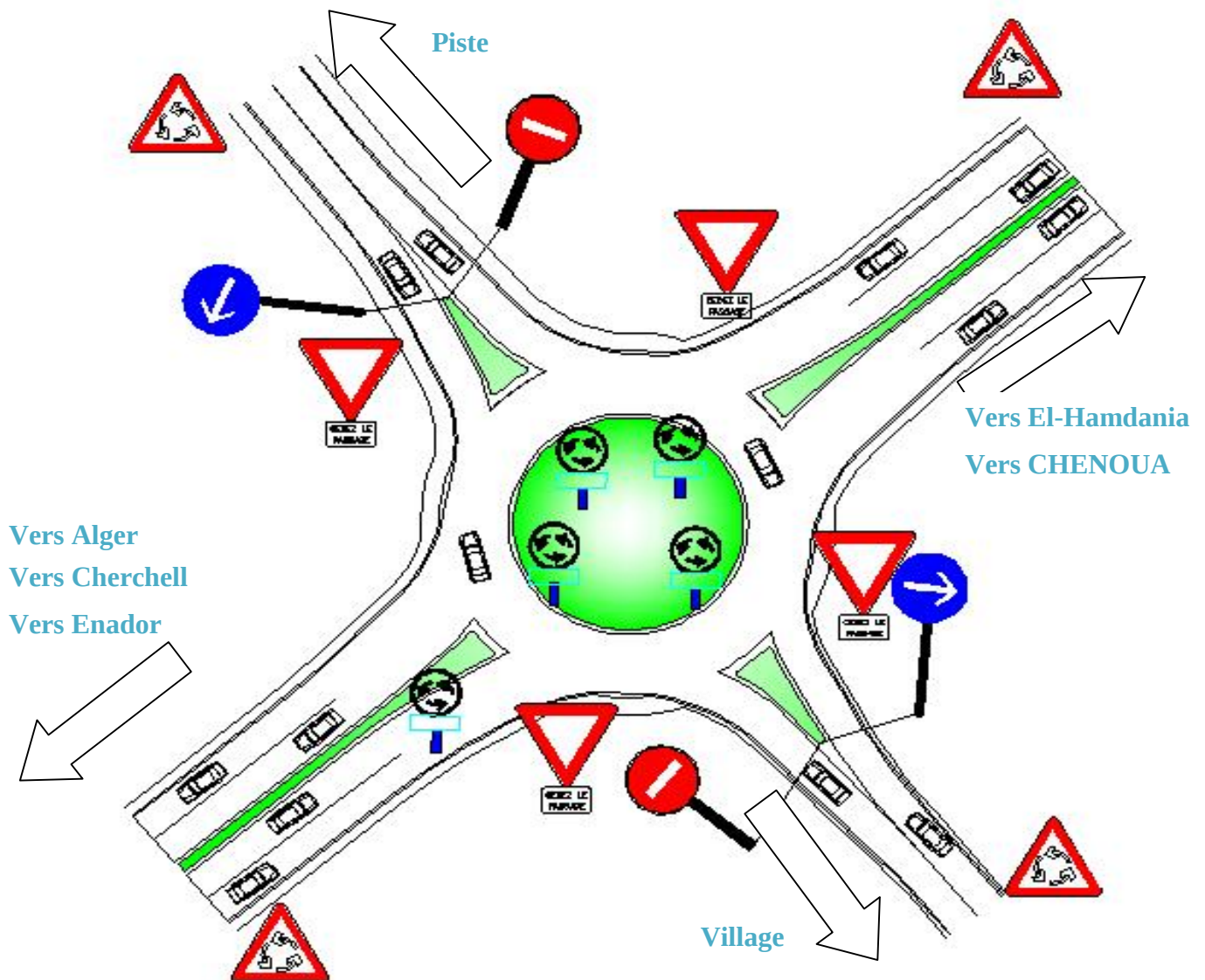


Carrefour giratoire au PK 0+00 : début de projet

2-deuxième carrefour :

C'est un carrefour giratoire de quatre branches qui pour les raisons suivantes ;

- relier le CW109 avec le village.
- relier la voie express de BOUSMAIL avec le RN 11 ET le CW 109 entre eux.
- relier les fermes avec le CW109.



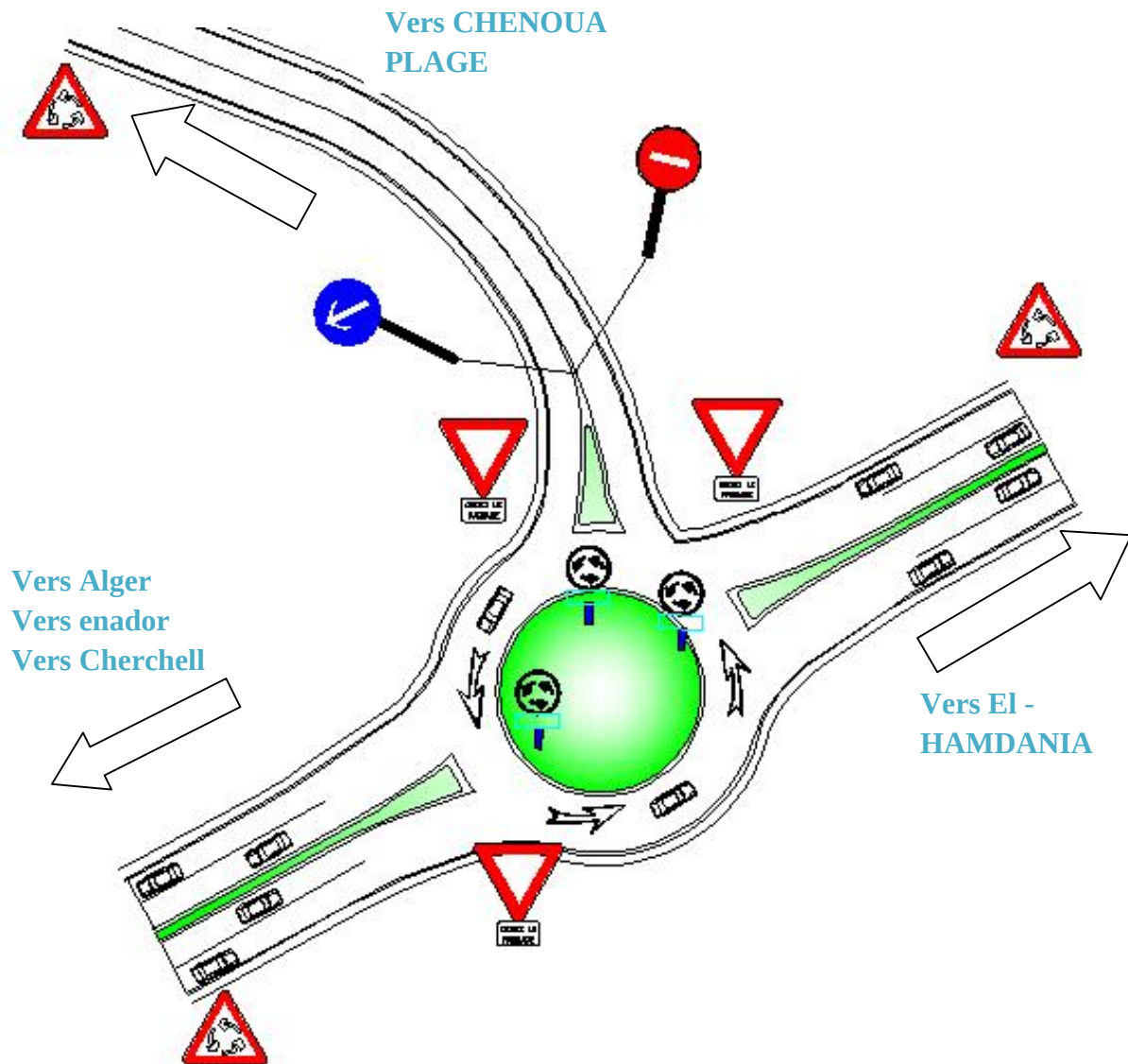
Deuxième Carrefour giratoire au PK 0+350

3-troisième carrefour :

C'est carrefour giratoire de trois branches presque comme le deuxième carrefour qui relier le village avec le CW109.au PK1+420.

4-quatrième carrefour :

C'est un carrefour giratoire de trois branches qui relier CHENOUA PLAGE avec le CW109.



Troisième Carrefour giratoire au PK 4+060

Pour les Géométries des carrefours (VOIRE L'ANNEXE)

2^{EME} PARTIE : ECHANGEUR

X.1. Introduction :

L'échangeur est un croisement étagé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

On utilise plusieurs types d'échangeurs selon l'intensité des trafics d'échange entre les deux voies et à la configuration du site.

Dans notre cas on a utilisé un type d'échangeur : Une **trompette** à la fin du projet

X.2. Définition :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux con lits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par:

- Nœud : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

X.3. Rôle d'un échangeur :

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les lux dans le sens considéré et par ordre d'importance les divers sens de par cours utilisés par les usagers de la route.

X.4. Types d'échangeurs :

- Le losange.
- Le demi –trèfle à quadrants opposés.
- le demi-trèfle à quadrants contigus.
- le quart de trèfle.
- la trempette.

X.5. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

Tout échangeur quelque soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- Pont.
- Carrefour (s) plan (s).
- Bretelles.

X.5.a) Bretelles :

i. Définition :

Une bretelle est une surface roulable qui permet le transfert du trafic d'une route à une autre.

Au sens large, c'est une chaussée de transfert dans un échangeur de circulation entre voies à niveaux différents où entre voies parallèles.

Les bretelles se terminent à une de leurs extrémités par une voie de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

ii. Tracé en plan des bretelles:

Le tracé des bretelles dépend toujours du tracé de la route à laquelle se raccordent, chaque rampe doit présenter une entrée et une sortie, et pour cela il faut bien déterminer leurs distances et prévoir des voies d'accélération ou décélération.

❖ Distance d'insertion (d'accélération) : (I.C.T.A.A.L) :

Sa longueur est déterminée par la vitesse d'approche à vide de la route principale.

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	140	180	240	320
l (m)	40	50	70	80

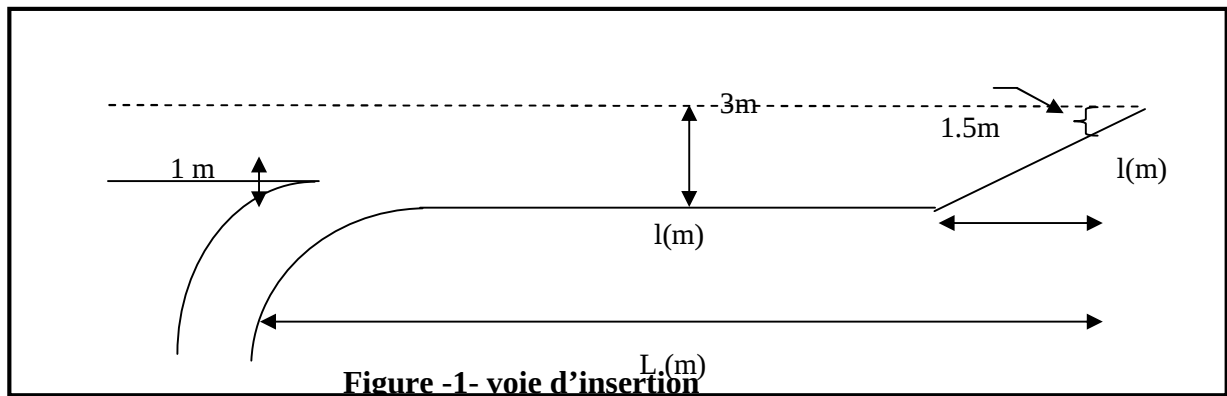
Va : vitesse d'approche à vide.

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

Les voies d'insertion ont pour largeur :

3m pour $V_a \leq 100 \text{ Km/h}$

3.5m pour $V_a > 100 \text{ Km/h}$



Pour notre cas :

La longueur de la voie d'insertion :

Pour la voie express ($V_r=100\text{km/h}$):

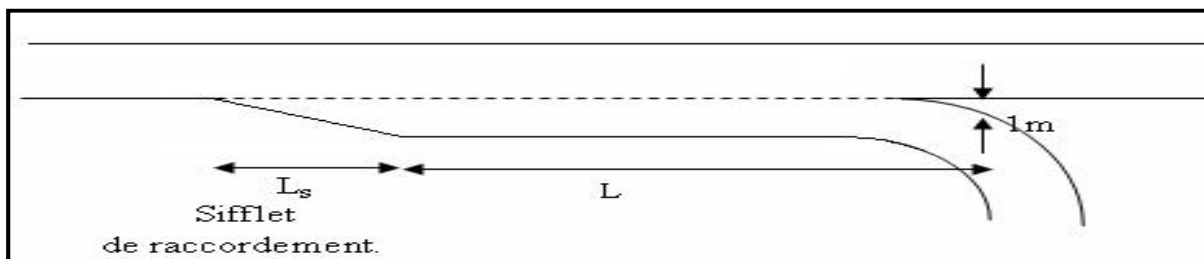
- la longueur de la voie d'insertion $L=240\text{m}$.
- la longueur du sifflet d'insertion $l=70\text{m}$.

❖ Voie de décélération :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle ou diagonal.

❖ Voies de décélération de type parallèle :

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale.



Sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide.

Le tableau ci-dessous (B40) donne la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur de sifflet de raccordement (L_s) en fonction de la vitesse d'approche.

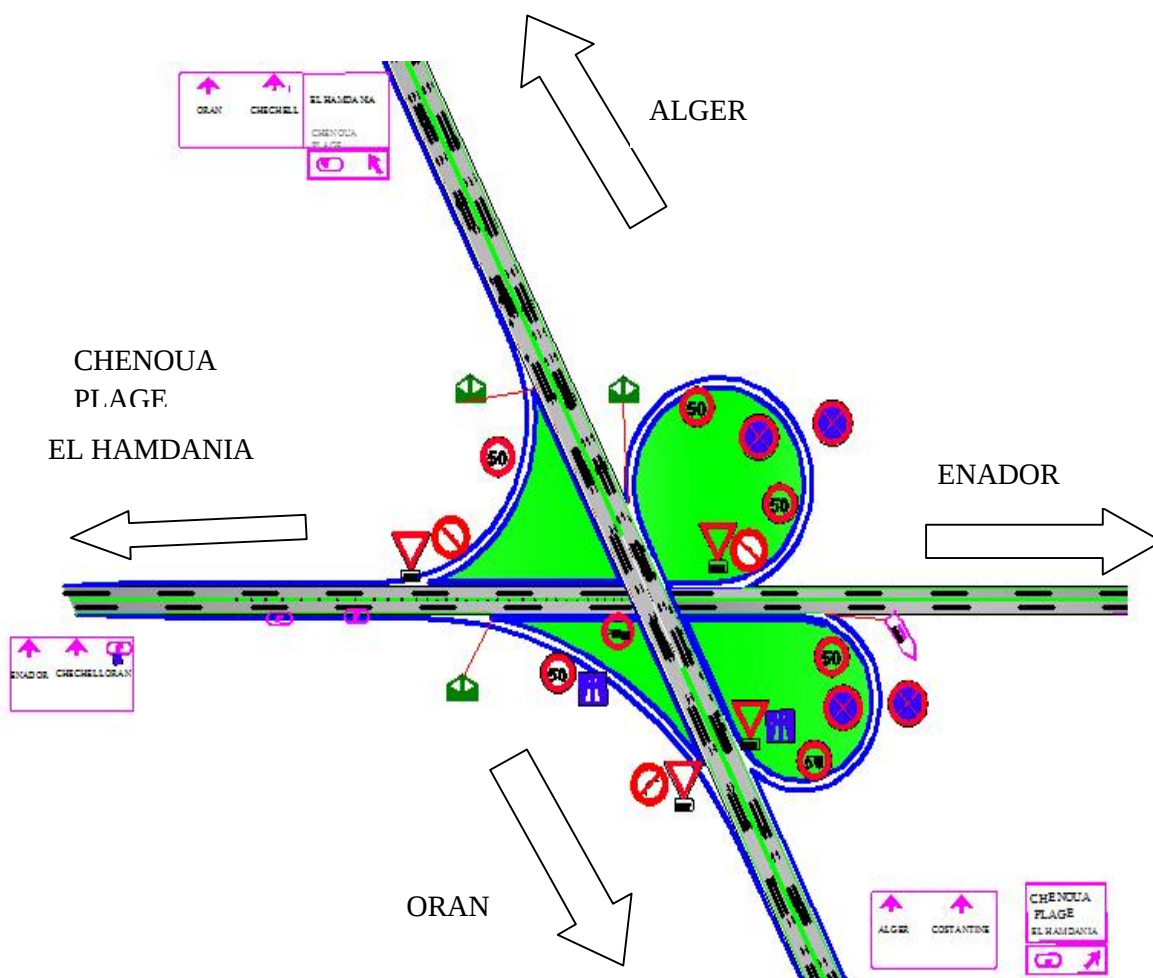
Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
Ls (m)	40	50	60	75

Pour notre cas :

La longueur de la voie de décélération :

Pour la voie xpress ($V_r=100\text{km/h}$) :

- Longueur de la voie de décélération : $L = 170\text{m}$.
- Longueur du sifflet de raccordement: $L_s=60\text{m}$.



L'échangeur au niveau de PK 0+210

OUVRAGES D'ARTS

I. Introduction :

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou un site très accidenté il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute, voies ferrées pour le rétablissement des voies des communications.

Un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles).

II. Présentation de l'ouvrage :

Notre ouvrages est composée par un pont traverse oued EL HACHIM

Situation en plan :

- **Pont :** L'ancien ouvrage constitué par une travée de longueur de 60m repose sur deux culées et piles intermédiaires.

1. Description de l'ouvrage :

L'ouvrage consisté par :

- Ponts séparés situé dans le CW109, au PK 1+100 ils comportes les caractéristiques suivantes :
 - ✓ Gabarit: d'après le calcul de flux d'oued , l'ouvrage doit respecter un gabarit de 6 m.
 - ✓ Largueur roulable pour le pont neuf: $L_R = 7.00m$.



Coupe transversale d'un pont existant



Coupe longitudinale d'un pont existant

2. Choix du type de l'ouvrage :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage (béton armé, béton précontrainte, mixte).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.
- Le gabarit à respecter.

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on procède à une comparaison entre tous les types d'ouvrage (variantes) qui peuvent être envisagés et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes.

Pour chaque type d'ouvrage énuméré, on portera sur le domaine d'utilisation, de l'ouverture de son tablier ainsi que son épaisseur.

Plusieurs solutions sont envisagées, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas aux conditions imposées.

On a plusieurs propositions :

3. Les ponts à poutre en béton armé :

Pour ce type, le tablier est constitué de poutres longitudinales, de longueur pouvant aller jusqu'à 20m.

Dans notre cas on a 60.00 m donc on ne peut pas construire avec ce type de pont ainsi que la complication des coffrages.

4. Les ponts en dalles en béton armé :

Le pont en dalle est préférable pour les portées allons de 15 à 20m, on ne peut pas opter pour cette méthode pour les raisons suivantes :

- ✓ Sa consomme plus de béton et d'acier.
- ✓ La portée limitée (20m).

5. Les ponts en dalle en béton précontraint :

Ce type n'est pas applicable dans notre cas parce qu'il est préférable d'utiliser ce type pour une longueur de travée de 30 à 35m environ qui est la portée économique.

Par rapport au pont à poutres, les ponts dalles à travées indépendantes ne sont à envisager que dans le cas des ouvertures modérés et lorsque un grand élanement est indispensable.

6. Les ponts à poutre en béton précontraint :

Les ponts à poutres en béton précontraint utilisés pour le franchissement des portées intermédiaires de l'ordre de 25m.

Leurs portées les plus économiques se situent entre 25 et 35m.

Avantage :

Une meilleure utilisation de la matière puisqu'il n'y a pas de béton inutile.

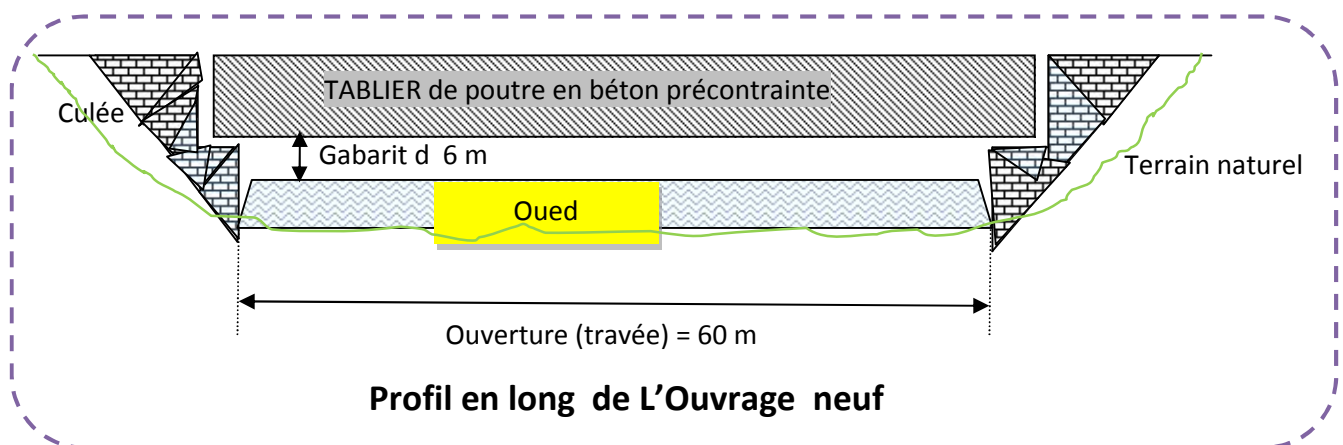
Les armatures à haute limite élastique utilisées en béton précontraint sont moins chères à force égale que les aciers de BA.

La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages.

La possibilité de franchir de plus grandes portées qu'avec des ouvrages en béton armé.

III. SOLUTIONS PROPOSES :

- Après avoir examiné tout les types d'ouvrages possibles nous avons choisis de prendre la variante qui est pont à poutre en béton précontraint, pour tous les avantages économique et la facilité de constructions et d'entretiens.



1- Introduction

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux types d'équipement.

2- Barrières de Sécurité

Il convient de mener une étude d'ensemble intégrant la présence de barrières afin :

- d'assurer leurs servitudes de fonctionnement, les sujétions d'entretien et d'exploitation.
- de prendre en compte les usagers particuliers (motocyclistes, piétons...).
- de définir la configuration optimale des abords (pente des talus, dispositif d'assainissement...), Le dimensionnement de la berme doit permettre la mise en place des dispositifs les plus adaptés.

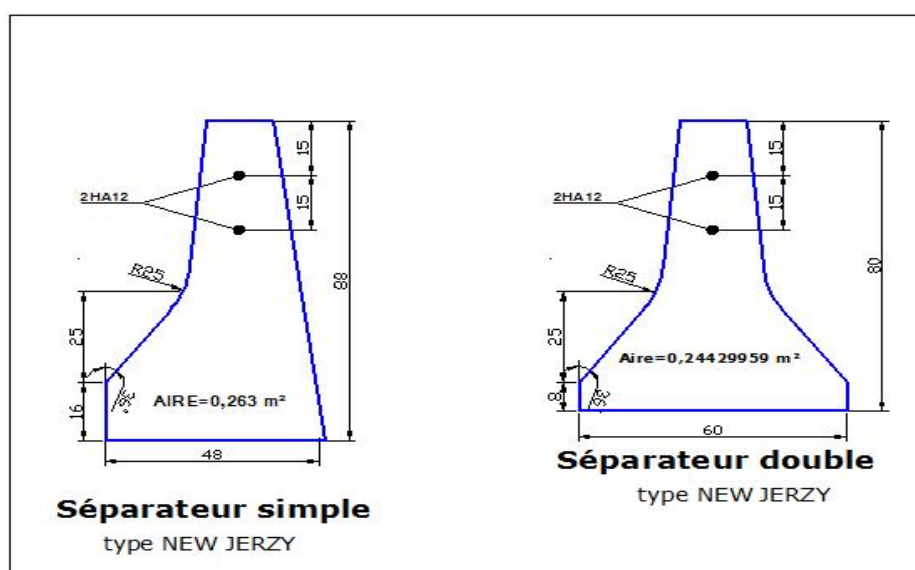
a) Sur le T.P.C.

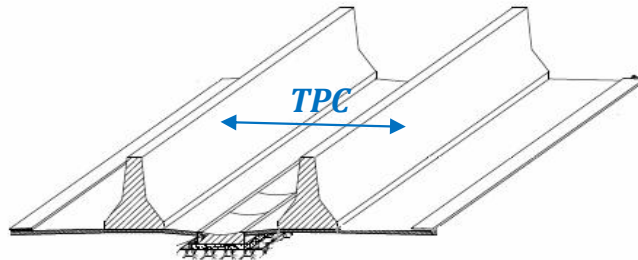
Des barrières de sécurité équipent systématiquement le T.P.C.

Le choix du type de barrière est :

Fonction du volume et de la composition du trafic, du risque à couvrir (obstacle, dénivelé...), des Contraintes de visibilité et d'exploitation, de la largeur du T.P.C.

On utilise les **séparateurs en béton** de type GBA (glissière en béton adhérent) ou DBA (double en béton adhérent) sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé en place et qui présente un profil spécifique. Ils sont capables de retenir les poids lourds de 12 t et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.



Séparateurs en béton GBA et DBAMurettes en béton armé**b) Sur l'accotement**

Sur les autoroutes à 2x3voies ou 2x4 voies, des barrières de sécurité doivent être mises en place systématiquement.

Sur les autoroutes à 2x2 voies, des barrières de sécurité sont implantées en présence de dispositifs agressifs situés dans la zone de sécurité, ainsi qu'à l'extérieur des courbes de rayon inférieur à 1,5 Rhnd.

En outre, des barrières adaptées à la retenue des poids lourds sont implantées lorsque les conséquences d'une sortie de chaussée sont particulièrement graves eu égard à la proximité d'installations sensibles (zone de captages d'eau potable, dépôt d'hydrocarbures...), d'habitations ou d'équipements publics, à la configuration des projets (viaduc, haut remblai...) ou à la nature des voies (voie ferrée, route à trafic élevé...) longées ou franchies.

La murette de protection en béton armé : envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m.

3- Signalisation

Parmi les principales composantes de l'environnement routier, on trouve la signalisation.

Cette dernière est de deux types, le premier est la signalisation verticale et elle est constituée par des panneaux alors que la deuxième est horizontale et elle est matérialisée par un marquage sur la chaussée.

3-1 Catégories de signalisation

On distingue :

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

3-2 Les critères de conception de la signalisation

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivant :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- Eviter la publicité irrégulière.

3-3 Signalisations horizontales

La **signalisation routière horizontale** regroupe, dans le cadre de la signalisation routière, tous les différents marquages au sol.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

a) Marquage longitudinal

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.

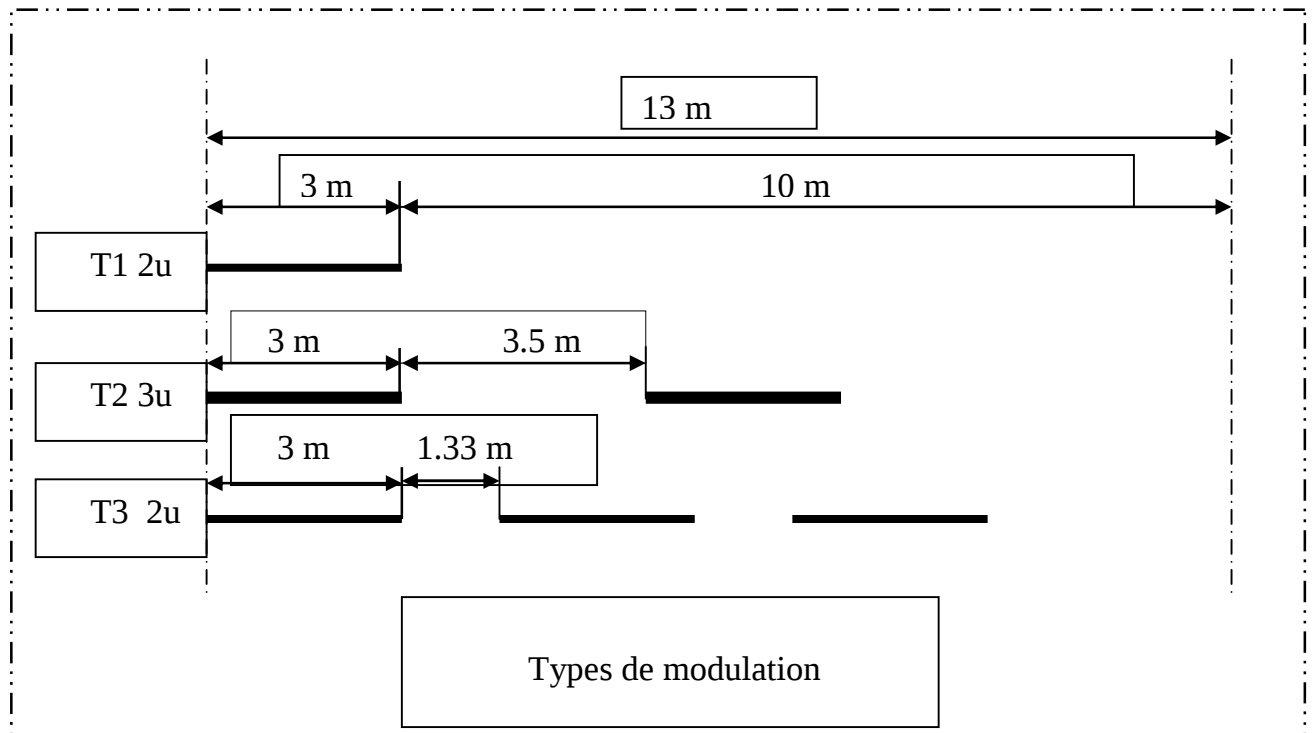
- **les lignes discontinues :**

Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive).

➤ **Modulation des lignes discontinues :**

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

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



➤ Marques sur chaussée :

• **Les lignes mixtes :**

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

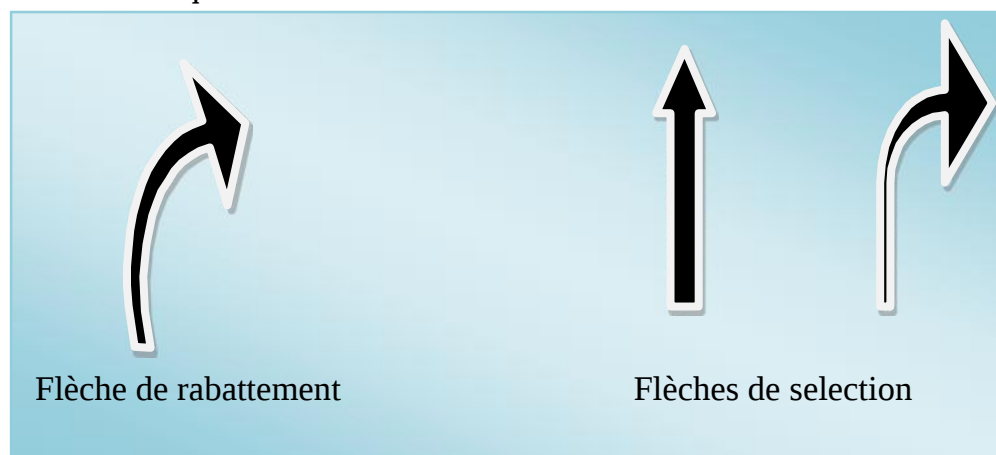
b) Marquage transversales

On distingue :

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

c) Autre marquage

- **Flèche de rabattement :** une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- **Flèches de sélection :** flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiqué.



« Flèche de signalisation »

d)-Couleur des marques

Dans la plupart des pays, les marques sur la chaussée sont de couleur jaune ou blanche. Le terme « blanc » couvre les nuances argent ou gris clair.

La couleur bleue peut toutefois être employée pour les marques indiquant les emplacements où le stationnement est permis mais soumis à certaines conditions ou restrictions (durée limitée, paiement, catégorie d'usagers, etc.).

3-4 Signalisations verticales

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

a)- Signaux de danger :

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

b)- Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

c)-Signaux à simple indication :

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

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

d)- Signaux de position des dangers :

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

3-5 Caractéristiques générales des marques

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :

➔ $U = 7.5\text{cm}$ sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

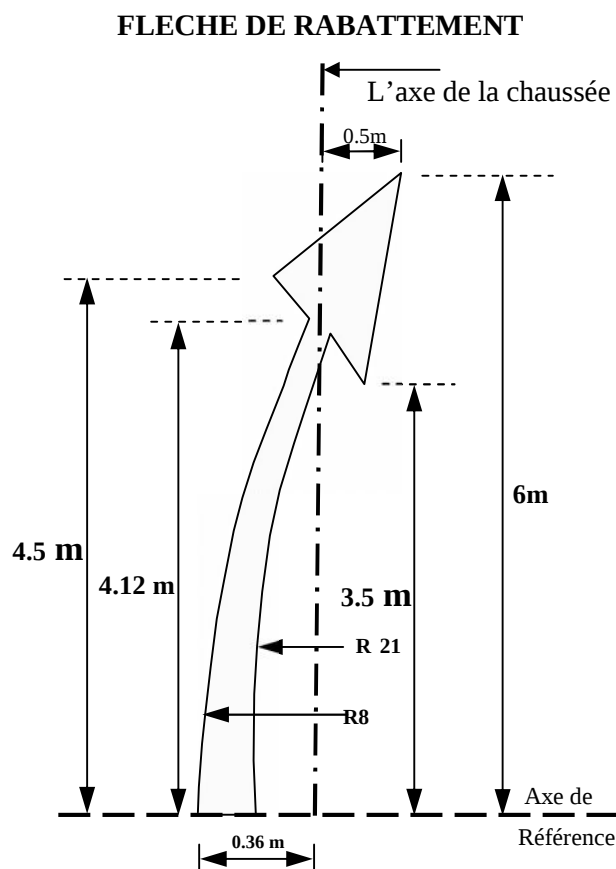
➔ $U = 6\text{cm}$ sur les routes et voies urbaines.

➔ Pour les bretelles et les voies d'accès : $U = 5\text{cm}$.

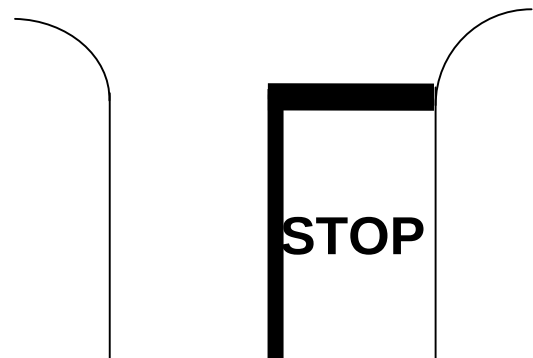
3-6 Application au projet

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

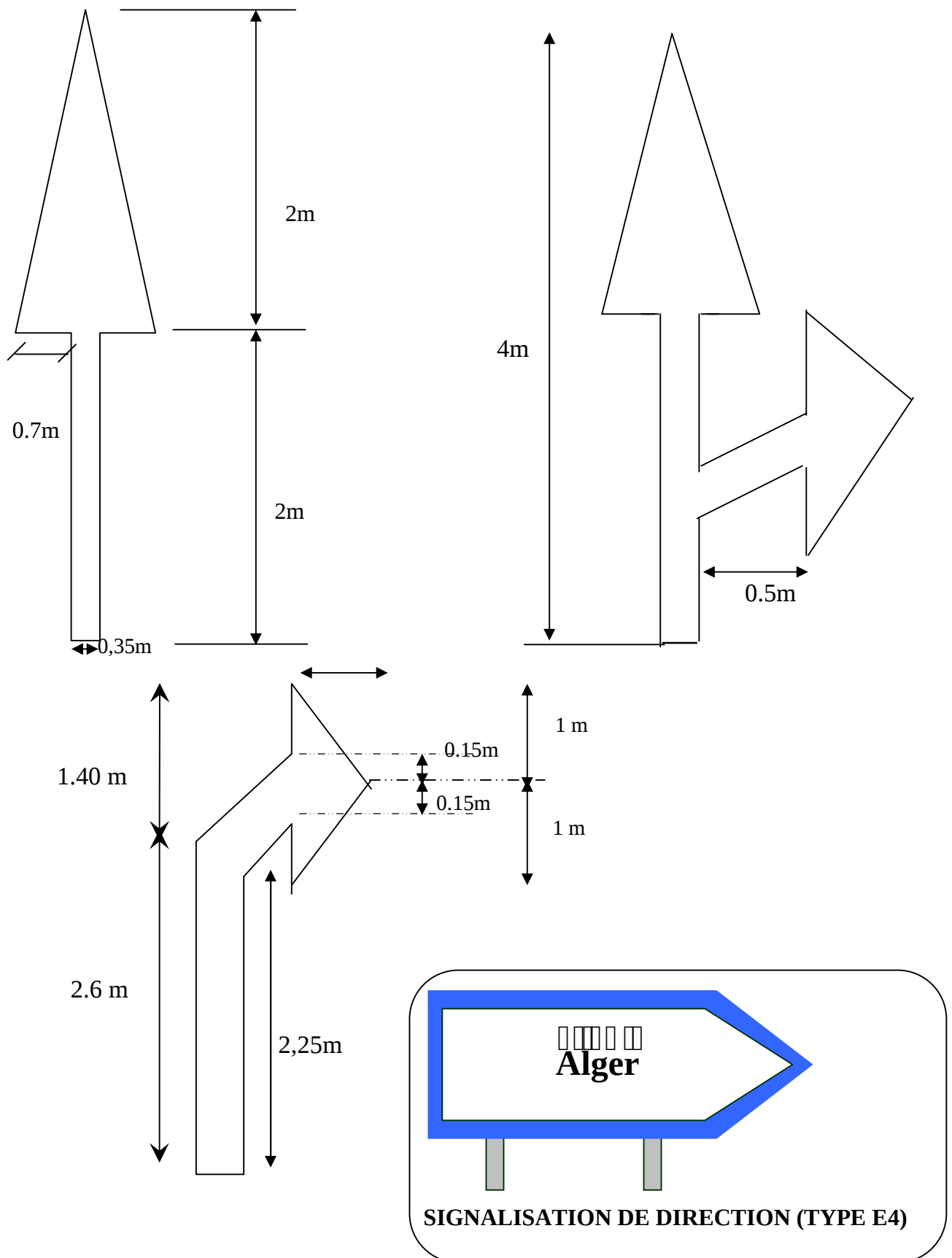
- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).



**SCHEMA DE SIGNALISATION
STOP SUR CHAUSSEE**



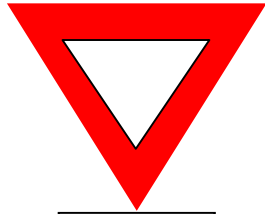
FLECHE DE SELECTION



Signaux d'interdiction ou de restriction

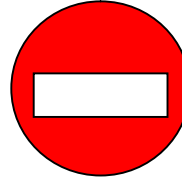
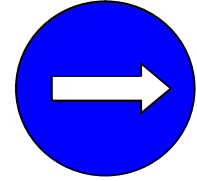


C5-HAUTEUR LIMITE GABARIE

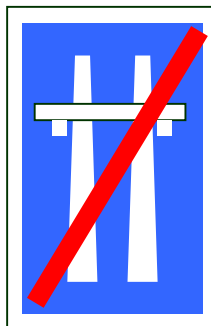


STOP
150m

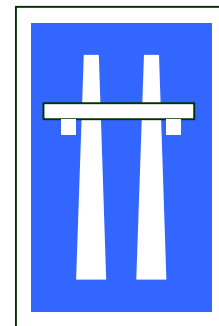
(A24)

SENS INTERDIT
C1SENS OBLIGATOIR
D1

VITESSES LIMITEES C 11-a



SORTIE DE L'AUTOROUTE



ENTREE DE L'AUTOROUTE (E14)

4- Eclairage

L'éclairage des voies urbaines constitue un élément important de sécurité pour les piétons et pour les automobilistes, en même temps qu'un agrément évident pour le cadre de vie. Il est maintenant généralisé dans toutes les villes et beaucoup de villages.

L'éclairage des routes de rase campagne est un élément de confort pour la conduite en même temps qu'un facteur de sécurité.

Compte tenu de son coût d'investissement et de fonctionnement, il ne peut cependant être utilisé que pour les routes très circulées ainsi que dans toutes les zones où sa présence est susceptible d'améliorer de façon importante la sécurité.

En ville, l'éclairage doit faciliter le déplacement des piétons sur les trottoirs et les rendre visibles par l'automobiliste lorsqu'ils traversent la chaussée. En section courante, le but à rechercher est qu'ils se détachent sur le fond général constitué par la chaussée éclairée.

Au droit des passages piétons, on tend à utiliser le principe inverse et à mettre en place un éclairage focalisé sur le seul passage piéton, grâce à des lampadaires spécialement adaptés. On recherche pour ce type d'éclairage une luminance importante, de telle façon que les automobilistes perçoivent la présence du passage en même temps que celle des piétons.

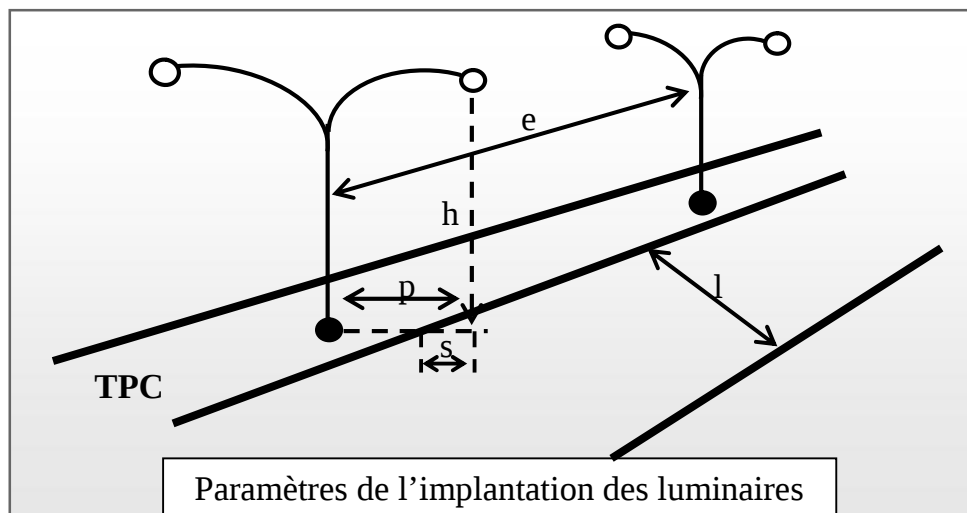
4-1 Type d'éclairage

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- **Classe A** : éclairage général d'une route ou autoroute.
- **Classe B** : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- **Classe C** : éclairage des voies dessertes.
- **Classe D** : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

4-2 Paramètres de l'implantation des luminaires

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



4-3 Application au projet

Eclairage de la voie (le long de la route) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

NB :

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

Les points singuliers notamment les intersections (carrefours giratoires), ils doivent être bien éclairés de raison du croisement des véhicules au niveau de ces derniers.

XI.1. Introduction

La construction d'un aménagement routier est une tâche délicate à accomplir et est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement. En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

L'effort technologique vise à maîtriser c'est connaître, contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce type d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de la flore et de la faune.

XI.2- Cadre juridique:

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; et sur son environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants

XI.3- Définitions :

XI.3.1- Environnement :

C'est l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'habitat susceptibles d'avoir des effets directs et indirects sur les êtres vivants, y compris sur l'homme (TOUFFET, 1982).

XI.3.2- Impact sur l'environnement:

Selon (ANONYME 1992) un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, dans n'importe quel domaine qu'il soit.

XI.4- Etude d'impact sur l'environnement :

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné.

C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

L'environnement est l'expression même des intersections homme – nature, l'homme vit dans le système complexe et fragile, et en faisant partie intégrante de ce système, il est dans son intérêt de le préserver.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la

flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention.

L'introduction de la procédure d'études d'impact a permis de contrôler et de minimiser les différents impacts.

Ces impacts peuvent concerner :

XI. 4. 1- 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 antidéversement 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 micro – bassins pour quelle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

XI. 4. 2 – 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 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.

XI. 4. 3 – 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.

XI. 4. 4 – 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 explorés.

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 :

- 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).

XI. 4. 5 – La destruction ;

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (P.D.A.U), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

XI. 4. 6 – La sécurité

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- ✓ Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- ✓ Implanter des trottoirs tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- ✓ Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- ✓ Des panneaux de signalisation seront implantés.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

désignations	unité	prix unitaire(en DA)	quantité	montant
1) Acquisition de terrain	M2	1000	39560	39560000
total(1)=	39560000.00			
2) L'installation de chantier et repliement	F	3% du total (3+4+5)		
Total(2)=	14620376,88			
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	m2	250	3000	750000
Déplacement des poteaux électriques	Unité	300000	0	0
Total(3)=	750000.00			
4) Terrassement				
Rabotage de chaussée	M3	100	0	0
Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	M2	50	22819	1140950
Déblais en terrain meuble mis en remblais	M3	300	13996	4198800
Déblais excédentaires en terrain meuble mis en dépôt	M3	800	80707	64565600
Total(4)=	69905350.00			1140950
5) chaussée				
Mise en place d'une couche de forme	M3	600	28080	16848000
Couche de fondation en GNT	M3	1500	18720	28080000
Couche de base en grave bitume	T	7100	34834,8	247327080
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	7800	22,75	177450
Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m2	T	5800	7,52	43616
accotement	M3	1500	11363	17044500
Couche de roulement en béton bitumineux	T	6000	20702,4	124214400
Total(5)=	416690546.00			433735046
6) Ouvrage d'art	M2	400000	510	204000000
Total(6)=	204000000.00			
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F	10% du total (3+4+5)		
Total(7)=	48734589,60			
8) Impact sur l'environnement	F	1% du total (3+4+5)		
Total(8)=	0.00			

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

9) Déviation des réseaux	F	3% du total (3+4+5)
Total(9)=	0.00	
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)
Total(10)=	24367294,80	
11) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F	2% du total (3+4+5)
Total(11)=	9746917,92	
TOTAL GENERAL=	828375075,20	
THT EN DINARS	828375075.20	
TVA 17%	140823762.80	
T.T.C EN DINARS	969198838.00	

Le devis a été estimé à une somme de:

Neuf cent soixante neuf millions cent quatre-vingt dix huit mille huit cent trente huit Dinars Algérien.

CONCIUSION GENERAL

A la lumière de la présente étude de ce projet de dédoublement, nous avons :

Cerner la nécessité de bien appréhender la connaissance des contraintes environnementales d'un projet de dédoublement et son étude selon les normes requises en vigueur.

Toucher à un projet réel et qui nous a permis de mettre en application nos connaissances acquises.

Néanmoins, nous tenons à préciser de même que notre souci a été aussi celui de réfléchir et proposer une solution répondant aux attentes des usagers : La sécurité et le confort et cela tout en restant dans une limite économique acceptable.

Ce projet de dédoublement est pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

Par la réalisation de ce dédoublement, la CW109 ne sera plus un corridor de congestion encore moins une infrastructure moins sécurisée pour les usagers. Cependant celle contribuera à une fluidité des échanges entre toutes les localités qu'elle liaisonne.

Bibliographie