

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département: Génie civil et travaux publics



MEMOIRE
En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :Travaux publics
Option: Voies et ouvrages d'arts

Intitulé

ETUDE EN APD DU DEDOUBLEMENT DE LA RN 04 SUR 5.3 KM

Du PK 210+500 Au PK 215+800

Relizane – Communes de Djdiouia et Oued Rhiou

Présenté par:

Mr : Beghdad Youcef

Mr : Maameri Ibrahim

Devant les membres de jury :

Président : Mr Zine Abdellah Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Encadreur : Mr Salhi Mohamed Professeur (U. Relizane)

Examineur : Mr Ait Mohamed Amer Adem Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Invité : Mr Ben Ali Yacine Maître de conférence (B) (U. Relizane)

Année universitaire :2024/2025

Remerciement

Nous remercions, en premier lieu, notre Dieu qui nous a permis de faire ce travail.

En second lieu, nous remercions nos parents, grâce aux prières desquels chaque œuvre est accomplie.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mr. SALHI Mohamed. Pour son sérieux, sa compétence et ses orientations.

Nous adressons également notre profonde gratitude au personnel pédagogique de l'université Ahmed ZABANA, ainsi qu'à tous nos professeurs

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 Travail.

الملخص :

تم تنفيذ هذا المشروع لدراسة مقطع من الطريق الوطني رقم 04 على طول 5.3 كلم من ن.ك 500+210 الى ن.ك 800+215 انطلاقا من بلدية وادي رهيو الى بلدية جديوية ، شرق مدينة غليزان.

هذا الطريق ذو اتجاهين، يتدهور مع مرور الوقت بسبب العوامل التالية:

- بطئ حركة المرور و كثرة النقاط السوداء
- تأثير مركبات الوزن الثقيل على جسم الطريق
- نقص منشآت تصريف المياه أثناء تساقط الأمطار.

لحل هذه المشاكل، تمت الدراسة لإنشاء طريق مزدوج و تقوية جسم الطريق و تطوير منشآت صرف المياه.

خصائص مشروع الطريق الجديد: عرض الطريق 7*2م، حواف الطريق 2*2 م، فاصل بين الطريقين 1م

جسم من 3 طبقات

8 سم طبقة السير / 10 سم طبقة القاعدة / 25 سم طبقة الاساس

تم اقتراح تعديل و تجديد هيكل الطريق، لضمان راحة و سلامة المستخدمين، و تقوية أجزاء

الطريق المتضررة و وضع حلول مناسبة لمشكل ارتفاع منسوب المياه أثناء تساقط الأمطار

Summary:

This project was implemented to study a 5.3 km section of National Road N° 04, from PK 210+500 to PK 215+800, connecting the municipalities of Oued Rhiou and Djdiouia, east of the city of Relizane.

This two-way road has deteriorated over time due to the following factors:

- Slow traffic and numerous blackouts
- A large number of heavy goods vehicles pass through this section, causing traffic jams
- Lack of drainage infrastructure during rainy seasons

To address these issues, a study was conducted to construct a dual carriageway, strengthen the roadway, and develop water drainage structures.

The dimensions of the new road: road width: 2 x 7 m, shoulders: 2 x 2 m, and a 1 m TPC. Three-layer structure: wearing course: 8 cm / base course: 10 cm / sub-base: 25 cm

It was proposed to modify and renew the road structure, ensure user comfort and safety, reinforce damaged road sections, and develop appropriate solutions to the problem of high water levels during rainfall.

Résumé :

Ce projet a été mis en œuvre pour étudier un tronçon de 5,3 km de la route nationale N° 04, du PK 210+500 au PK 215+800, reliant des communes d'Oued Rhiau Djdiouia, à l'est de la ville de Relizane.

Cette route à double sens s'est dégradée au fil du temps en raison des facteurs suivants :

- Ralentissement de la circulation et nombreux points noirs
- Un grand nombre de poids lourds transitent par cette section provoquant des embouteillages.
- Manque d'infrastructures de drainage en période de pluie.

Pour résoudre ces problèmes, une étude a été menée pour construire une route dédoublement, renforcer le corps de chaussée et développer des ouvrages d'évacuation de l'eau.

Les dimensions de la nouvelle route : largeur de la route : 2 x 7 m, les accotements : 2 x 2 m et TPC de 1 m .

Structure à trois couches : couche de roulement : 8 cm / couche de base : 10 cm / couche de fondation : 25 cm

Il a été proposé de modifier et de renouveler la structure de la route, d'assurer le confort et la sécurité des usagers, de renforcer les tronçons routiers endommagés et de développer des solutions appropriées au problème des niveaux d'eau élevés lors des pluies.

SOMMAIRE

Page:

INTRODUCTION	1
PRESENTATION DU PROJET ET OBJECTIF	2
AVANT PROJET	4
Chapitre I : ETUDE DU TRAFIC	6
<i>I.1 – Introduction</i>	<i>6</i>
<i>I.2 – Analyse des trafics existants</i>	<i>6</i>
<i>I.3 – Calcul de la capacité</i>	<i>8</i>
<i>I.4 – Application au projet</i>	<i>11</i>
Chapitre II : TRACE EN PLAN	13
<i>II.1 – Définition</i>	<i>13</i>
<i>II.2 – Règles à respecter dans le tracé en plan</i>	<i>13</i>
<i>II.3 – Les éléments du tracé en plan</i>	<i>13</i>
<i>II.4 – Les conditions de raccordement</i>	<i>20</i>
<i>II.5 – Combinaison des éléments du tracé en plan</i>	<i>21</i>
<i>II.6 – Notion de devers</i>	<i>23</i>
<i>II.7 – La vitesse de référence</i>	<i>24</i>
<i>II.8 – paramètres fondamentaux</i>	<i>25</i>
<i>II.9 – Application au projet</i>	<i>26</i>
<i>II.10 – calcul d’axe</i>	<i>26</i>
Chapitre III : PROFIL EN LONG	31
<i>III.1 – Définition</i>	<i>31</i>
<i>III.2 – Règles à respecter dans le tracé du profil en long</i>	<i>31</i>
<i>III.3 – Coordination du tracé en plan et profil en long</i>	<i>32</i>
<i>III.4 – Déclivités</i>	<i>32</i>
<i>III.5 – Raccordement en profil en long</i>	<i>33</i>

<i>III.6 – Caractéristiques des rayons en long</i>	-----35
<i>III.7 – Détermination pratique du profil en long</i>	-----36
<i>III.8 – Application au projet</i>	-----38
<i>Chapitre IV : PROFIL EN TRAVERS</i>	-----40
<i>IV.1 – Définition</i>	-----40
<i>IV.2 – Les éléments constitutifs du profil en travers</i>	-----40
<i>IV.3 – Classification de profil en travers</i>	-----41
<i>IV.4 – Application au projet</i>	-----43
<i>Chapitre V : CUBATURES</i>	-----44
<i>V.1 – Généralités</i>	-----44
<i>V.2 – Définition</i>	-----44
<i>V.3 – Méthode utilisée</i>	-----44
<i>V.4 – Application</i>	-----45
<i>V.5 – Méthode classique</i>	-----46
<i>Chapitre VI : ETUDE GEOTECHNIQUE</i>	-----47
<i>VI.1 – Introduction</i>	-----47
<i>VI.2 – Réglementation algérienne en géotechnique</i>	-----47
<i>VI.3 – Les différents essais en laboratoire</i>	-----47
<i>VI.4 – Les essais d'identification</i>	-----48
<i>VI.5 – Condition d'utilisation des sols en remblais</i>	-----49
<i>VI.6 – Les moyens de reconnaissance</i>	-----49
<i>Chapitre VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE</i>	-----50
<i>VII.1 – Introduction</i>	-----50
<i>VII.2 – La chaussée</i>	-----50
<i>VII.3 – Les principales méthodes de dimensionnement</i>	-----52
<i>VII.4 – Application au projet</i>	-----56
<i>Chapitre VIII: ASSAINISSEMENT</i>	-----58
<i>VIII.1 – Introduction</i>	-----58
<i>VIII.2 – Drainage des eaux souterraines</i>	-----58

VIII.3 – Définitions -----	59
VIII.4 – Nature et rôle des réseaux d’assainissement routier-----	60
VIII.5 – Données pluviométriques -----	60
VIII.6 – Dimensionnement des fossés-----	63
VIII.7 – Calcul des ouvrages d’évacuations-----	64
VIII.8 – Conclusion -----	65
Chapitre IX: SIGNALISATION ET ECLAIRAGE -----	66
IX. 1. – SIGNALISATION-----	66
IX. 1.1 – Introduction -----	66
IX. 1.2 – L’objectif de la signalisation routière -----	66
IX. 1.3 – Types de signalisations -----	66
IX. 1.4 – Autre signalisation-----	68
IX. 1.5 – glissières de sécurité-----	69
IX. 1.6 – les critères de choix de la signalisation -----	69
IX. 1.7 – application au projet -----	70
IX. 1.8 – ECLAIRAGE -----	71
IX. 1.8.1 – Introduction -----	71
IX. 1.8.2 – Paramètres d’implantation des luminaires -----	72
IX. 1.8.3–Application au projet -----	72
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF -----	73
CONCLUSION GENERALE -----	74
BIBLIOGRAPHIE-----	
ANNEXES-----	

INTRODUCTION



Introduction

La route est sans doute la meilleure voie de communication car elle permet de lier deux points (agglomérations ou autres) quel que soit leurs positions géographiques, elle ne nécessite pas d'ouvrages spéciaux sauf dans des cas particuliers.

La projection de la route se fait par des graphiques propres à la route : le tracé en plan, le profil en long, les profils en travers, les dimensions de la chaussée et les caractéristiques des dépendances et les plans détaillés des points particuliers.

La route est l'outil privilégié d'aménagements des territoires et de lutte contre les disparités entre les régions. Elle reste le facteur du développement par excellence, grâce aux échanges des biens et des personnes qu'elle permet, elle facilite l'exploitation et le développement des richesses.

La route permet aux populations d'accéder plus facilement au travail, à l'éducation, à la santé, à la culture et aux loisirs.

L'objet de notre étude est la conception d'un dédoublement de la RN 04 au niveau du tronçon reliant Djdiouia et Oued Rhiou.

Nous veillerons au respect des normes dans notre travail afin d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

PRESENTATION DU PROJET

Présentation du projet :

Le présent projet consiste à la modernisation et l'élargissement de la route nationale N° 04 et en particulier le tronçon entre Djdiouia et Oued Rhiou sur une longueur de 05.3 KM à un profil d'une route express 2 x 2 voies de 07 m de largeur chacune, séparées par un (TPC) terre-plein centrale. Qui est appelé " DEDOUBLEMENT "

Présentation de la wilaya :

La wilaya de Relizane se situe au nord-ouest du pays. Le territoire de la wilaya est délimité par la wilaya de Mascara à l'ouest, wilaya de Chlef à l'est , wilaya de Mostaganem au nord et les wilayas de Tiaret et Tissemsilet au sud , La wilaya de Relizane, est en possession d'un important Situation de commerce et d'un réseau d'infrastructures aspergeant convenablement la région.

Relizane, est un point d'ancrage vers les autres villes de la région est et la région ouest (Tlemcen, Oran, Mostaganem, Mascara, Chlef, Tissemsilet et Tiaret).

En conclusion, de réelles opportunités existent dans la wilaya de Relizane, du fait de l'existence de son important situation de commerce ou un peuvent générer d'importantes demandes en transport par son réseau infrastructurel.

Problématiques:

Notre étude a pour objet de trouver les solutions nécessaires pour éviter les problèmes qui se posent sur la section de RN04 du PK 210+500 AU PK 215+800 sur 05.3 km qui reliant entre la ville de Djdiouia et la ville de Oued Rhiou. Les problèmes posés sont les suivants :

- ❖ Un grand nombre de poids lourds transitent par cette section provoquant des embouteillages.
- ❖ Le congestionnement du trafic dans le centre urbain de la ville.
- ❖ Les villes de Djdiouia et Oued Rhiou possède trois carrières de tuf, ce qui explique le nombre important de poids lourds dans la section.
- ❖ La ville est actuellement confrontée à des problèmes de croissance économique.
- ❖ Le tronçon connaît des embouteillages en raison du volume élevé de villes et de campagnes voisines.
- ❖ En raison d'une forte augmentation du trafic journalier moyen annuel, l'état des routes s'est considérablement dégradé.



La carte qui représente le site de la RN 04

Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est la prise en charge des flux actuels et futurs, de fluidifier la circulation et notamment au niveau de ce tronçon de la RN04 où des congestions sont signalées, et enfin d'atténuer les problèmes précités dont souffre ce tronçon.

Le travail est structuré à partir de ce plan :

- Présentation et Justification du projet.
- Etude de trafic.
- La géométrie de la route (tracé en plan, profil en long, profil en travers).
- Etude géotechnique et dimensionnement de corps de chaussée.
- Etude d'assainissement.
- Dispositifs de sécurité et de signalisation.
- Devis estimatif et quantitatif.

AVANT PROJET

1. Détermination de l'environnement de la route :

Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne Dc
- La sinuosité σ

➤ Dénivelée cumulée moyenne :

La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief. (B40)

$$\frac{H}{L} = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i \right|}{L}$$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie

Tableau 1: Classification de terrain et Dénivelée cumulée

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$Dc \leq 1.5\%$
2	Terrain Vallonné	$1.5\% < DC \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$Dc > 4\%$

➤ Sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200m.

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

$$\sigma = L_s / L$$

Tableau 2: Sinuosité

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

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Tableau 3: Environnement de la route

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	/
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	/	E2	E3

2. Application de projet :

Dénivelée cumulée moyenne :

$$L_T = 5300 \text{ m}$$

$$H = \sum \Delta H = 0.781 \text{ m}$$

$$H / L = 0.781 / 5300 = 0.0001$$

$$H/L = 0.01\% \leq 1.5\%$$

Donc : terrain plat

Sinuosité :

$$\sigma = L_s / L \quad L_s = 0 \quad (\text{tous les rayons des courbes de la route sont } > 200 \text{ m})$$

$$\sigma = 0 < 0.1$$

Donc : Sinuosité faible

{ terrain plat
Sinuosité faible

Alors : **Environnement E1**

CHAPITRE:1

ETUDE DE TRAFIC

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.
 - a. pour estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
 - b. 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 enquêteurs 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.

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

n : nombre d'année entre l'année de référence et l'année horizon.

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/j).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec :

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

PL : 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/h) et donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}} = 0,12 \cdot T_{\text{eff}} \quad (\text{uvp/h})$$

Q : débit de pointe horaire normal

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

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

I.3.5 – Débit de pointe horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \cdot Cth$$

Avec :

Tableau N° I.2 de valeur de **K1**

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau N° I.3 de valeur de **K2**

Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
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 de nombre des voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on opte le profil au quel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q

$$Q \leq Q_{adm}$$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

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:

Un comptage a été effectué en 2024 par le service concerné de la D.T.P de RELIZANE pour estimer le trafic à l'année horizon. A partir du résultat de ce dernier on fait une projection jusqu'à l'année 2047, tout en sachant que la durée de vie de notre projet est estimée à 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2027

- Le trafic à l'année 2024 $TJMA_{2024} = 7500$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4 \%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_R = 80$ km/h
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 20\%$
- L'année de mise en service sera en **2027**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- La durée de réalisation estimée de **3 ans**
- L'environnement: **E1**
- Catégorie: **C1**

I.4.2 - Projection futur de trafic :

L'année de mise en service (2027)

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

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'année horizon (2047)

$TJMA_0$: trafic à l'année origine (2024)

Trafic pour une durée de vie de 20 Ans + 3 ans de durée de réalisation

$$TJMA_{2047} = 7500. (1 + 0,04)^{23} = 18486 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2047} = 18486 \text{ v/j}$$

I.4.3 - Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds. Pour une route à 2×2 voies et un environnement E_1 on a : **P=2**

PL: le pourcentage de poids lourds est égal à : **20%**

$$T_{\text{eff}} = 18486. [(1 - 0.20) + 2 \times 0.20]$$

$$T_{\text{eff}} = 22184 \text{ uvp/j}$$

I.4.4 - Débit de pointe horaire normale:

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

Avec:

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

$$Q = 0.12 \times 22184 = 2663 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 2663 \text{ uvp/h}$$

I.4.5 - Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée

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

K1: coefficient correcteur pris égal à : **0.75** pour (E1)

K2: coefficient correcteur pris égal à : **1.00** pour environnement (E1) et catégorie (C1)

Cth: capacité théorique d'après le tableau 1.4 : **Cth = 1800 uvp/j**

$$Q_{\text{adm}} = 0,75 \times 1.00 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ uvp/h}$$

I.4.6 - Le nombre des voies

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

Avec: **S=2/3**

$$N = (2/3) \times (2663/1350) = 1.31 \approx 2$$

$$\text{Donc : } N = 2 \text{ voies/sens}$$

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

$$Q = 0.12 \times 22184 = 2663 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 2663 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0,75 \times 1.00 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{\text{adm}} = 4 \times 1350$$

$$Q_{\text{saturation}} = 5400 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = Q \cdot (1 + \tau)^n$$

$$(1 + \tau)^n = Q_{\text{saturation}} / Q \Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{\text{saturation}} / Q)}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln(5400 / 2663)}{\ln(1 + 0.04)} = 18.02$$

$$n \approx 18 \text{ ans}$$

Donc notre route sera saturée dans 18 ans après la mise en service, donc l'année de saturation est : L'an **2045**.

CHAPITRE:II

TRACE EN PLAN

II.1-Définition :

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

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

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

II. 2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé dans les normes avec un minimum de coût, on doit respecter certaines conditions à savoir :

- L'adaptation du tracé au terrain naturel afin d'éviter les grands mouvements de terre (les terrassements importants).
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et zones forestières.
- Chercher le meilleur tracé possible évitant au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres).
- Respecter les normes B40 si possible.

II. 3- Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

II. 3.1 – Les alignements :

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

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

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

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

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

Donc la longueur des alignements dépend de:

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

Règles concernant la longueur des alignements

➤ Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en **c** ou en **ove**

$$L_{min} = 5 \times (V_R / 3.6)$$

V_B : vitesse de base en km/h

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

$$L_{max} = 60 \times (V_R / 3.6)$$

II.3. 2 - Arcs de cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulants à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

A. Stabilité en courbe :

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

A. 1. Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

$$RHm = \frac{Vr^2}{127 (ft + dmax)}$$

f_t : coefficient de frottement transversal

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

A. 2. Rayon horizontal minimal normal (RHN) :

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

$$RHN = \frac{(Vr + 20)^2}{127 (ft + d \max)}$$

A. 3. Rayon horizontal minimal déversé (RHd) :

C'est le rayon minimal déversé, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle 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 **dmin = 2.5%** en catégorie 1 – 2

dmin = 3% en catégorie 3 - 4 - 5

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d \text{ min}}$$

A. 4) Rayon horizontal minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_r une courbe de devers égale à dmin vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

Cat : 1 et 2

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

Cat : 3, 4,5

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 (f'' - 0.03)}$$

Pour notre projet (dédoublément de la RN04) situé dans un environnement (E1), et classé en catégorie 1 (C1) avec une vitesse de référence de 80Km/h, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

Tableau II. 1: rayons du tracé en plan selon le B40

Paramètres	Symboles	Valeurs
V_R (km/h)	D (%)	(80)
Rayon horizontal minimal absolu (m)	RHm (7%)	252
Rayon horizontal minimal normal (m)	RHN (5%)	492
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1008
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1440

Tableau des rayons horizontaux utilisés dans le tracé du projet

Rayon horizontale (m)	Longueur courbe (m)	Rayon horizontale (m)	Longueur courbe (m)
400	183.809	700	205.476
600	154.627	1200	34.082
800	150.846	700	137.331

B. Sur largeur:

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

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

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

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

R : rayon de l'axe de la route

II.3.3. Les courbes de raccordement

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du dévers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du dévers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de dévers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

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

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

Types de courbe de raccordement:

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

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

a) Parabole cubique :

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

b) Lemniscate :

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

c) Clothoïde :

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

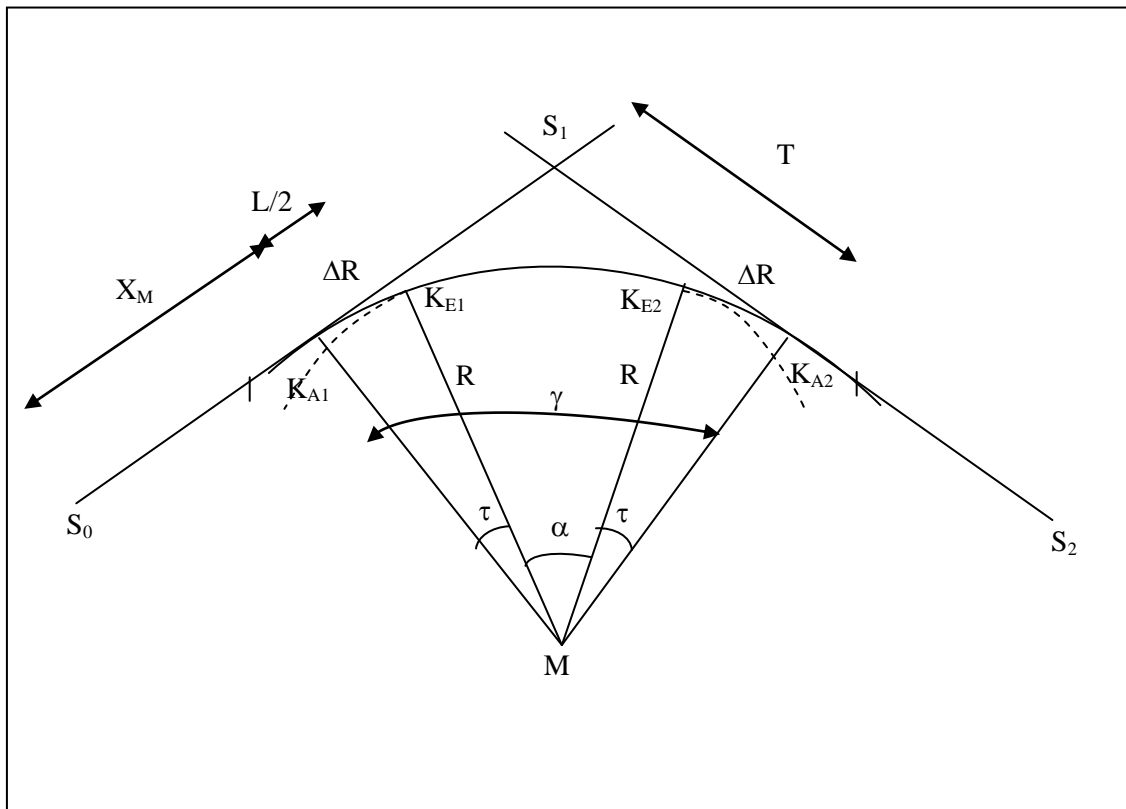
La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L.

$$\mathbf{K = C \times L = 1/R}$$

On pose: $1 / C = A^2 \Rightarrow L \cdot R = A^2$

Les éléments de la clothoïde :

- γ : Angle entre alignement
- T : Grande tangente
- ΔR : Le Ripage
- X_M : Abscisse du centre de cercle
- R : Rayon de virage
- τ : Angle de tangente
- S_L : La corde à la clothoïde
- σ : L'angle polaire
- L : longueur de clothoïde
- K_A : début de clothoïde
- K_E : Fin de clothoïde

II. 4- Les conditions de raccordement :

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

a)-Condition de confort optique :

Cette condition 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.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

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

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

Règle générale (B40) :

- $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ $L = \sqrt{24R\Delta R}$
- $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $L \geq R/9$
- $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2.5 \text{ m}$ $L = 7.75 \sqrt{R}$

b)- Condition de confort dynamique :

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

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

V_r : vitesse de référence (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

c)- Condition de gauchissement :

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

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

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

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

Cette variation est limitée à **2%**.

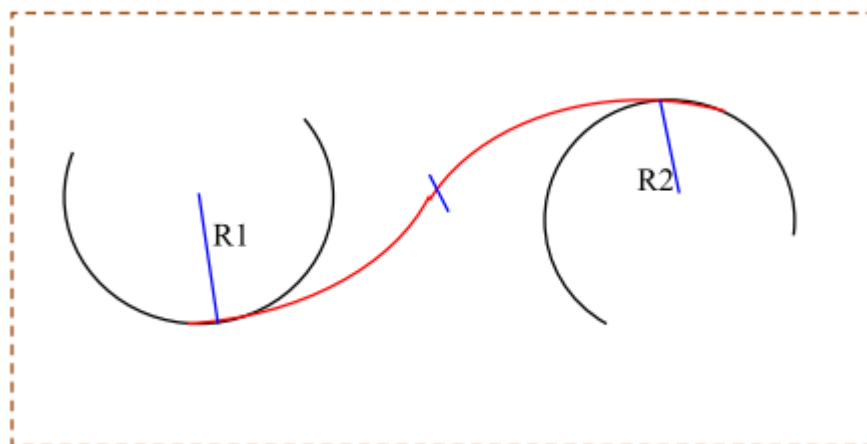
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

II. 5- Combinaison des éléments du tracé en plan :

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

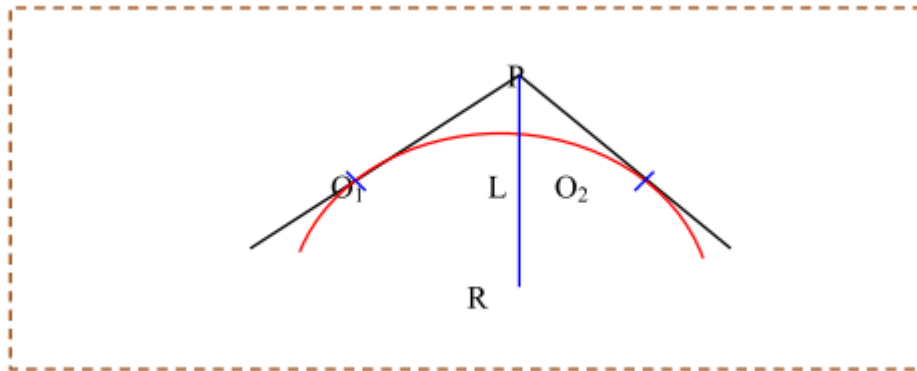
a)- Courbe en S :

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

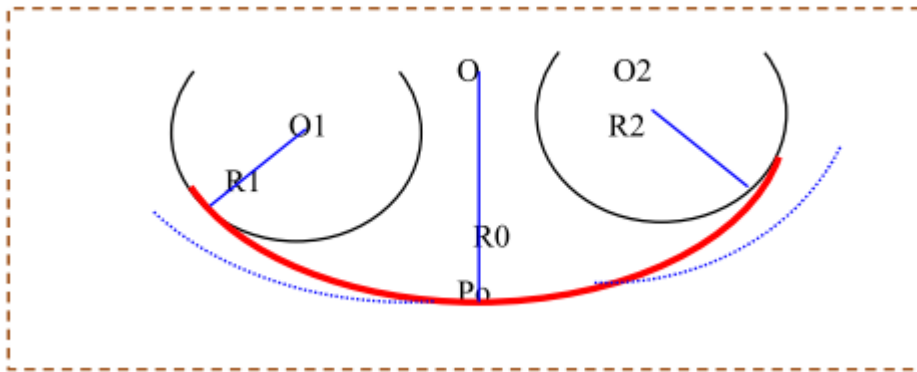


b)- Courbe à sommet :

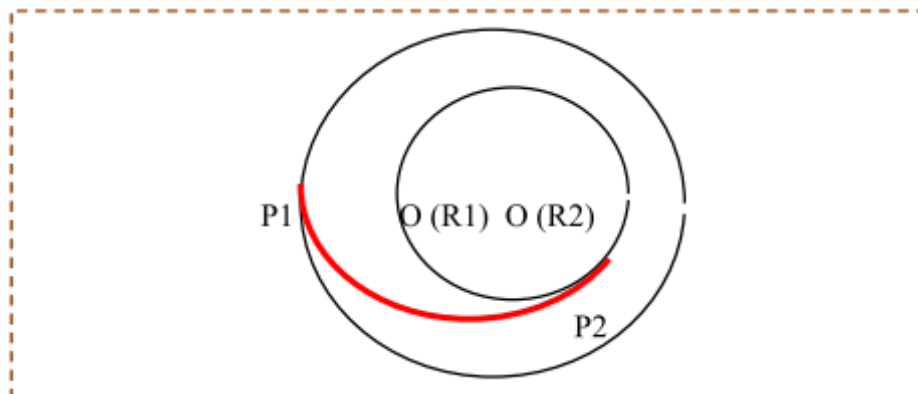
Une courbe constituée de deux arcs de **Clothoïde**, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

**c)- Courbe en C :**

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

**d)- Courbe en Ove :**

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



II. 6- Notion de dévers :

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

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

a)-Dévers en alignement :

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

b)-Dévers en courbe :

En courbe permet de :

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

c)-Rayon de courbure :

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

d)-Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R > RHd$ le dévers est égal à **2.5%** et pour les courbes de rayon $R \leq RHd$ un calcul de dévers peut être fait par l'interpolation en « $1/R$ ».

$$RHm \leq R \leq RHn \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RHn)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHn}} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

$$RHn \leq R \leq RHd \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd}}$$

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

Raccordement de dévers :

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

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

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

$$D_{\min} = l \cdot V_r \cdot \Delta D$$

Dmin : Appelée longueur de gauchissement.

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

II. 7 – La vitesse de référence (projet):

La vitesse de référence **Vr** : est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration de la trace d'une route.

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

a) - Choix de la vitesse de référence (projet):

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.

II. 8 – Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E1** et une catégorie **C1**, avec une vitesse de référence de **80 km/h**, on définit les paramètres suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	Lmin	111.11
Longueur maximale (m)	Lmax	1333.33
Devers minimal (%)	Dmin	2.5
Devers maximal (%)	Dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t_p	2
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	f_T	0.10
Distance de freinage (m)	d₀	65
Distance d'arrêt (m)	d₁	110
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dvd_m	325
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dvd_n	420
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200

Tableau II.2: Paramètres fondamentaux

II. 9- Calcul d'axe :

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par le quel 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

II.9.1- Exemple De Calcul D'axe Manuellement :

$V_R = 80 \text{ Km/h}$	X(m)	Y(m)	R(m)
S0	724,53	6086,14	600
S1	1417,00	6025,45	
S2	1853,61	5868,48	

II.9.1.1- Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

a)-Calcul du paramètre A :

On sait que :

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

b)-Détermination de L :

b.1)-Condition de confort optique :

$$R/3 \leq A_{\min} \leq R$$

$$\text{D'où } 200 \leq A_{\min} \leq 600$$

$$R = 600\text{m} < 1500\text{m} \Rightarrow L \geq \sqrt{24 R \Delta R}$$

$$\Delta R = 1$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 600 \times 1} = 120 \text{ m}$$

$$\text{Donc } \mathbf{L \geq 120\text{m} \dots (1)}$$

b.2)- Condition de confort dynamique :

$$V_R = 80 \text{ km/h} \Rightarrow R = 600 \text{ m} \text{ et } d = 4.12\%$$

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

$$\Rightarrow \Delta d = 4.12 + 2.5 = 6.62\%$$

$$L = \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \times 600} - 0.0662 \right)$$

$$L \geq 6.32 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } L \geq 6.32 \text{ m ... (2)}$$

b.3)- Condition de gauchissement :

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

$$l = 7 \text{ m}$$

$$L \geq 7 * 0,0662 * 80$$

$$L \geq 37.07 \text{ m ... (3)}$$

$$\text{Donc } L = \max [L(1), L(2) \text{ et } L(3)]$$

$$\text{Donc : } L \geq 120 \text{ m}$$

$$L = A^2 / R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 268.32$$

$$\text{On prend: } A = 268.32 \text{ m}$$

c)-Calcul des Gisements :

$$S_0S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = 692.47 \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = -60.69 \end{array} \right.$$

$$S_1S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_1| = |X_{S2} - X_{S1}| = 436.61 \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = -156.97 \end{array} \right.$$

D'où:

$$G_{s_0}^{s_1} = \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = \text{arc tg} \frac{692.47}{|-60.69|} = 200 - 94.43 = 105.57 \text{ grade}$$

$$G_{s_1}^{s_2} = \text{arc tg} \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = \text{arc tg} \frac{436.61}{|-156.97|} = 200 - 70.22 = 129.78 \text{ grade}$$

d)-Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s_1}^{s_2} - G_{s_0}^{s_1}| = 24.21 \text{ grade} \quad \text{Donc } \gamma = 24.21 \text{ grade}$$

e)-Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{120}{2 \times 600} \cdot \frac{200}{\pi} \quad \text{Donc } \tau = 6.37 \text{ grade}$$

f)-Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 6.37 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 24.21 / 2 = 12.105 \text{ grades} \quad \text{D'où : } \tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

g)-Calcul des distances:

$$\overline{S_1S_0} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} = \sqrt{(692.47^2 + 60.69^2)} = 695.12 \text{ m}$$

$$\overline{S_2S_1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(436.61^2 + 156.97^2)} = 463.96 \text{ m}$$

h)-Calcul de la tangente T :

$$T = R \operatorname{tg} (\gamma/2)$$

$$X_m = L/2 \quad \Rightarrow \quad X_m = 60 \text{ m}$$

$$\Delta R = L^2/24R \quad \Rightarrow \quad \Delta R = 1 \text{ m}$$

$$X = L \quad \Rightarrow \quad X = 120 \text{ m}$$

$$Y = L^2/6R \quad \Rightarrow \quad Y = 4 \text{ m}$$

$$T = 600 \operatorname{tg} (24.21/2) = 115.48 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } T = 115.48 \text{ m}$$

i)-Calcul des Coordonnées de la corde SL :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad S_L = \sqrt{(120)^2 + (4)^2} = 120,07 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } S_L = 120,07 \text{ m}$$

j)-Calcul de L'angle polaire σ :

$$\sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{Y}{X} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{4}{120} = 1.90 \text{ grade}$$

$$\text{Donc : } \sigma = 1.90 \text{ grades}$$

k)-Calcul L de l'arc:

$$\begin{aligned} L_{KE1KE2} &= \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200} \\ &= \frac{[\pi \cdot 600(24.21 - 2 \times 6.37)]}{200} = 108.10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Donc: } L_{KE1KE2} = 108.10 \text{ m}$$

I)-Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S0} + (\overline{s_0S_1} - T) \cdot \sin G_{S0}^{S1} \\ Y_{KA1} = Y_{S0} + (\overline{s_0S_1} - T) \cdot \cos G_{S0}^{S1} \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 724.53 + (695.12 - 115.48) \cdot \sin (105.57) = 1301.95 \text{ m} \\ Y_{KA1} = 6086.14 + (695.12 - 115.48) \cdot \cos (105.57) = 6035.49 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \cdot \sin (G_{S0}^{S1} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \cdot \cos (G_{S0}^{S1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 1301.95 + 120.07 \cdot \sin (105.57 - 1.90) = 1421.82 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 6035.49 + 120.07 \cdot \cos (105.57 - 1.90) = 6028.57 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \cdot \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \cdot \cos G_{S1}^{S2} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 1417.00 + 115.48 \sin (129.78) = 1520.07 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 6025.45 + 115.48 \cos (129.78) = 5973.38 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \cdot \sin (G_{S1}^{S2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \cdot \cos (G_{S1}^{S2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 1520.07 - 120.07 \sin (129.78 + 1.90) = 1414.56 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 5973.38 - 120.07 \cos (129.78 + 1.90) = 6030.69 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

CHAPITRE:III

PROFIL EN LONG

III. 1. Définition:

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle.

C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

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

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- Eviter les angles entrants 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 nuls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre les volumes 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 certaines règles notamment :
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

III. 3. Coordination du tracé en plan et profil en long :

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

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

III. 4. Déclivités :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

III. 4.1 - Déclivité minimum :

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au-dessus de **0,5%** et de préférences 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux des pluies le long de la route au bord de la chaussée.

III. 4.2 - Déclivité maximum :

La déclivité maximale dépend de :

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

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au nouveau de service « selon le **B40**, environnement **E1**, catégorie **C1**, $V_r = 80 \text{ km/h}$

➤ **déclivité maximale:** **$I_{max} = 4 \%$**

Tableau récapitulatif de déclivité – Normes B40

	E1	E2	E3
Catégorie 1-2	4%	5%	6%
Catégorie 3	5%	6%	7%
Catégorie 4-5	6%	7%	8%

III. 5 - 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 :

III.5.1 - Raccordements convexes (angle saillant) :

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

a. Condition de confort

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

Limitation de l'accélération verticale :

g/40 pour cat.1-2

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

Pour $g = 10\text{m/s}^2$

$$\begin{aligned} R_v \text{ min} &= 0.30 V_r^2 \text{ pour 1-2} \\ &= 0.23 V_r^2 \text{ pour 3-4-5} \end{aligned}$$

Dans notre cas

$$R_v \text{ min} = 0.30 V_r^2$$

Avec :

R_v : rayon vertical (m)

V_r : vitesse référence (Km/h).

b. Condition de visibilité

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

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

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

Avec :

D₁ : distance d'arrêt (m)

h₀ : hauteur de l'œil (m)

h₁ : hauteur de l'obstacle (m)

III. 5 2 - Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d₁ : distance d'arrêt.

Condition esthétique

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et (b > 50) pour des dévers

d < 10% (spécial échangeur).

$$Rv \text{ min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec : **d** : changement des dévers.

Rv min : rayon vertical minimal.

III. 6 -Caractéristiques des rayons en long :

Pour le cas de la RN04, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants :

Tableau III-1

Catégorie	C1
Environnement	E ₁
Vitesses de base	(Km/h) 80
Rayon en angle saillant (RV)	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m 6000 RVn1 (minimal normal) en m 9000
Rayon en angle rentrant (R'V)	Route unidirectionnelle :(2x2 voies) R'Vm1 (minimal absolu) en m 8000 R'Vn1 (minimal normal) en m 10000
Déclivité maximale	I _{MAX} (%) 4

-Tableau des rayons verticaux utilisés dans le profil en long du projet

Rayon convexe (m) (angle saillant)	Longueur courbe (m)	Rayon concave (m) (angle rentrant)	Longueur Total (m)
6000	33	8000	40
9000	18	10000	24

Les caractéristiques du profil en long

Elément Sommet	P ₁ % P ₂ %	Nature du l'angle	Sens des pentes	Rayon (m)
S ₁	0,12 - 0,43	Saillant	Différent sens	6000,00
S ₂	-0,43 0,07	Rentrant	Différent sens	8000,00
S ₃	0,07 -0,14	Saillant	Différent sens	9000,00
S ₄	-0,14 0,10	Rentrant	Différent sens	10000,00

III.7- Détermination pratiques du profil en long :

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

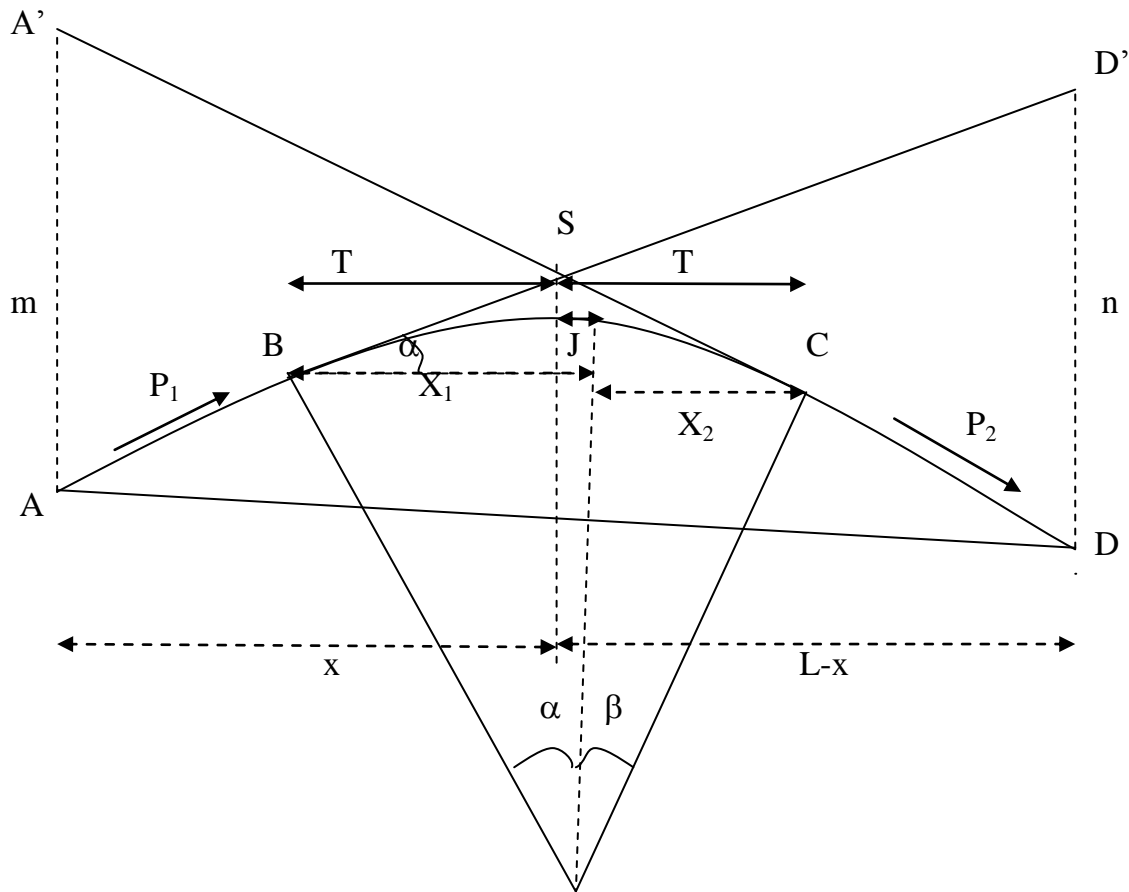
$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$$

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

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

Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.

- Donnée La pente P1 de la droite (AS)
- Donnée la pente P2 de la droite (SD)
- Donnée le rayon R



a. Détermination de la position du point de rencontre (S) :

On a:

$$Z_{A'} = Z_A + L p_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{D'} = Z_D + L p_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

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

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

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

b. Calcul de la tangente T :

$$T = \frac{R}{2} (|p_1| + |p_2|)$$

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

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

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

c. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$L R = 2 T$$

d. Calcul de la flèche :

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

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

$$M \begin{cases} H_M = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + X \cdot P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{cases}$$

f. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

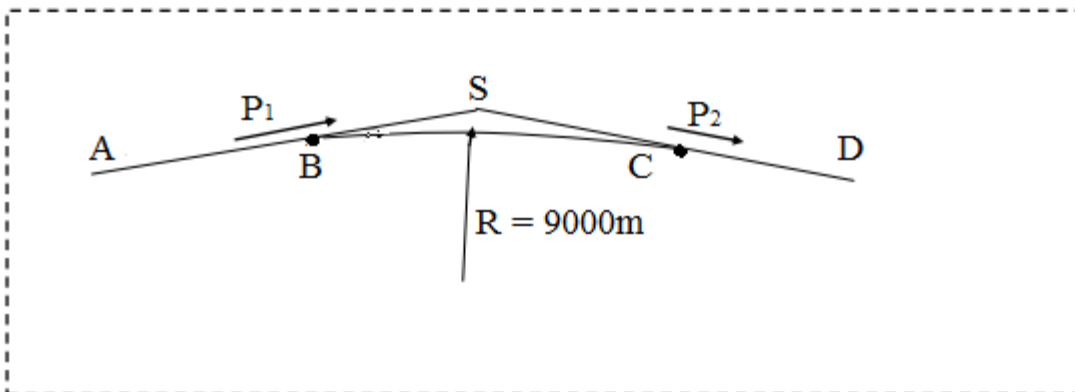
$$\begin{cases} X_1 = R.p_1 \\ X_2 = R.p_2 \end{cases}$$

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

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

III. 8 – Application au projet :

➤ **Exemple du calcul du profil en long**



$$\begin{matrix} \mathbf{A} & \begin{cases} X_A = 1372.03 \\ Z_A = 402.61 \end{cases} & \mathbf{S} & \begin{cases} X_S = 2353.08 \\ Z_S = 403.28 \end{cases} & \mathbf{D} & \begin{cases} X_D = 3827.99 \\ Z_D = 401.28 \end{cases} \end{matrix}$$

III. 8. 1 -Calcul des pentes :

$$P_1 = \Delta Z_1 / \Delta S_1 = 0.0007$$

$$P_1 = 0.07 \%$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / \Delta S_2 = - 0.0014$$

$$P_2 = - 0.14 \%$$

III. 8. 2 -calcul des tangentes T :

$$T = R/2 (| p_1 | + | p_2 |) = 9000 / 2 (| 0.0007 | + | - 0.0014 |)$$

$$T = 9.45 \text{ m}$$

III. 8. 3 -Calcul de flèche :

$$H = T^2 / 2R = 9.45^2 / 2*9000$$

$$H = 0.005 \text{ m}$$

III. 8. 4 -Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = 2353.08 - 9.45 & = 2343.63 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T.P_1 = 403.28 - (9.45 * 0.0007) & = 403.273 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 2353.08 + 9.45 & = 2362.53 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T.P_2 = 403.28 - (9.45 * - 0.0014) & = 403.274 \text{ m} \end{cases}$$

III. 8. 5 -Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

$$X_1 = R . P_1 = 9000*0.0007 \quad = 6.3 \text{ m}$$

$$j \begin{cases} X_j = X_B + RP_1 = 2343.63 + (9000 * 0.0007) & = 2349.93 \text{ m} \\ Z_j = Z_B - X_1.p_1 + X_1^2/2R = 403.27 - (6.3*0.0007) + (6.3^2 / 2*9000) & = 403.277 \text{ m} \end{cases}$$

CHAPITRE:IV

PROFIL EN TRAVERS

IV. 1 – Définition

Le profil en travers d'une chaussée coupe perpendiculaire l'axe de la route sur un plan vertical.

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

IV. 2 - Les éléments constitutifs du profil en travers:

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

La chaussée :

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

La largeur roulable :

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

La plateforme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terrepleins et les bandes d'arrêts.

L'assiette :

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...) limitée par le domaine public.

Les accotements :

Les accotements sont les zones qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berne extérieure

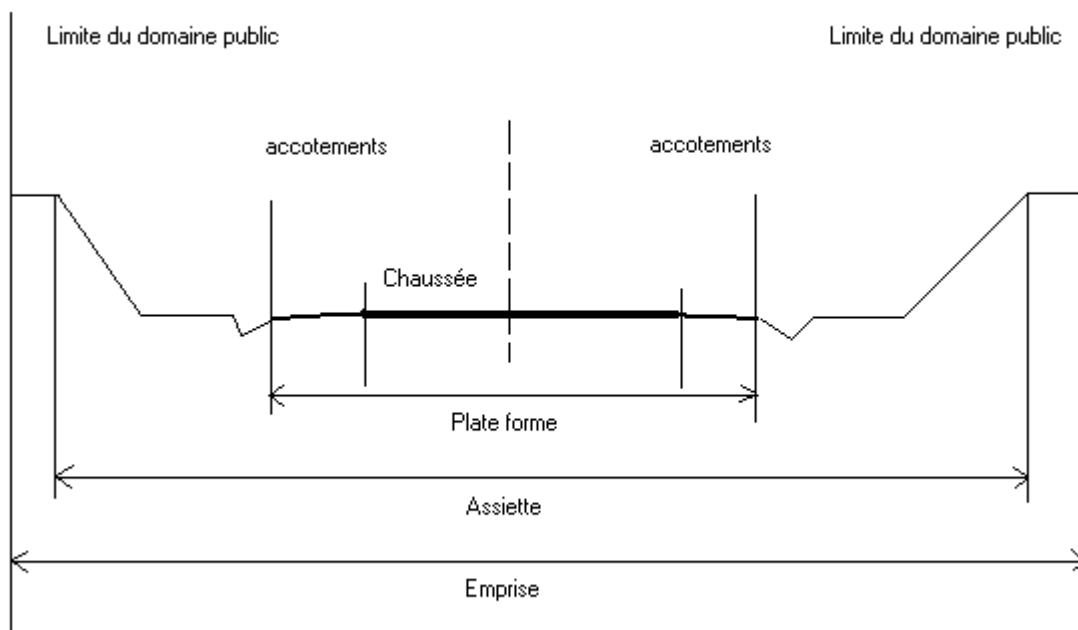
Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

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.

**IV. 3 - Classification de profil en travers :**

On distingue deux types de profils :

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

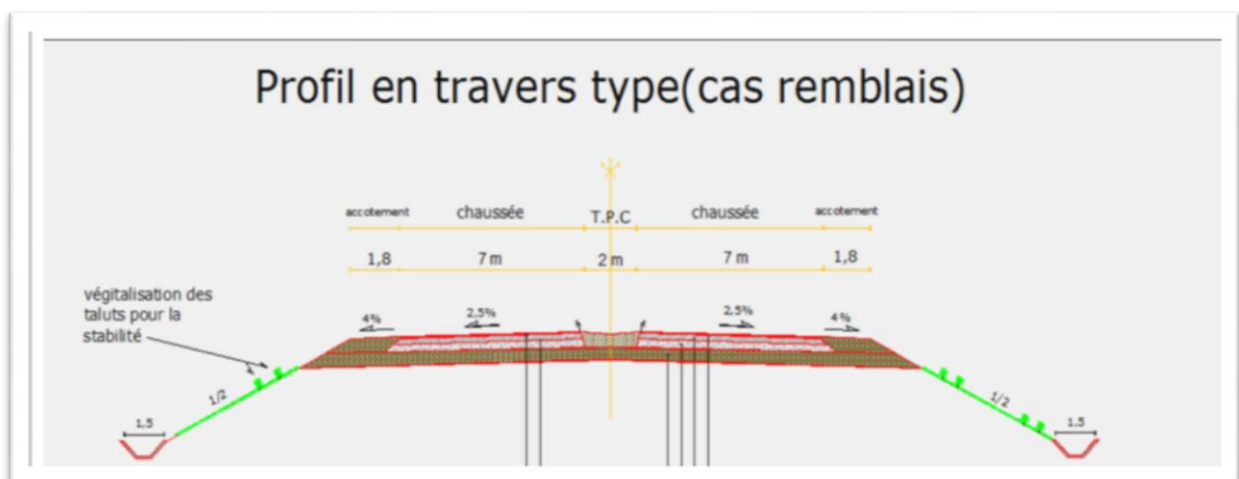
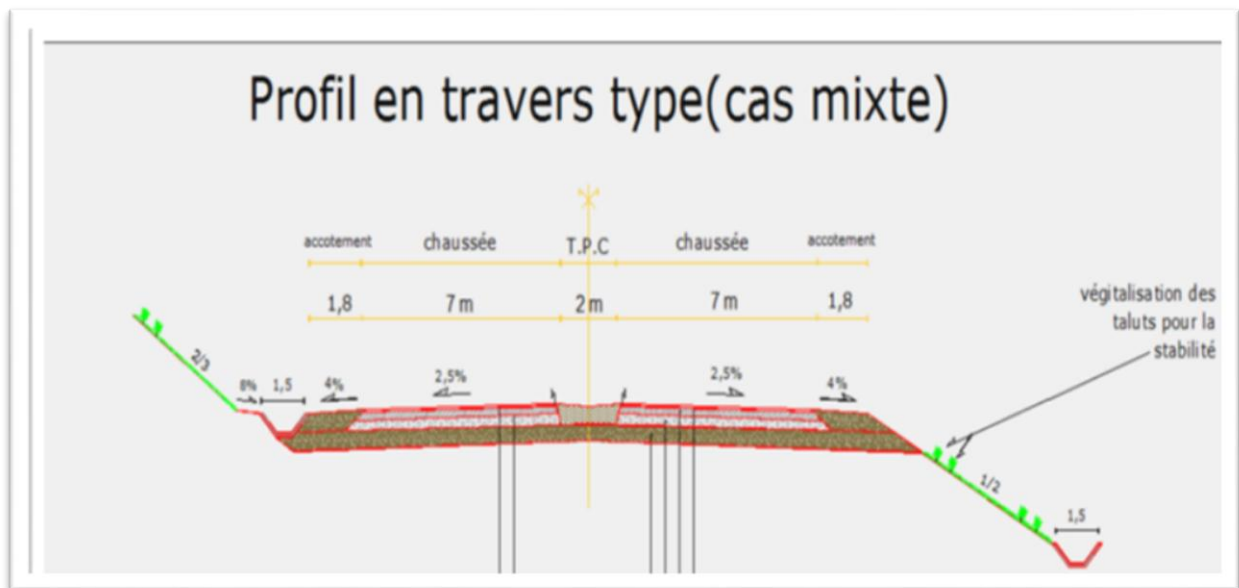
Le profil en travers courant :

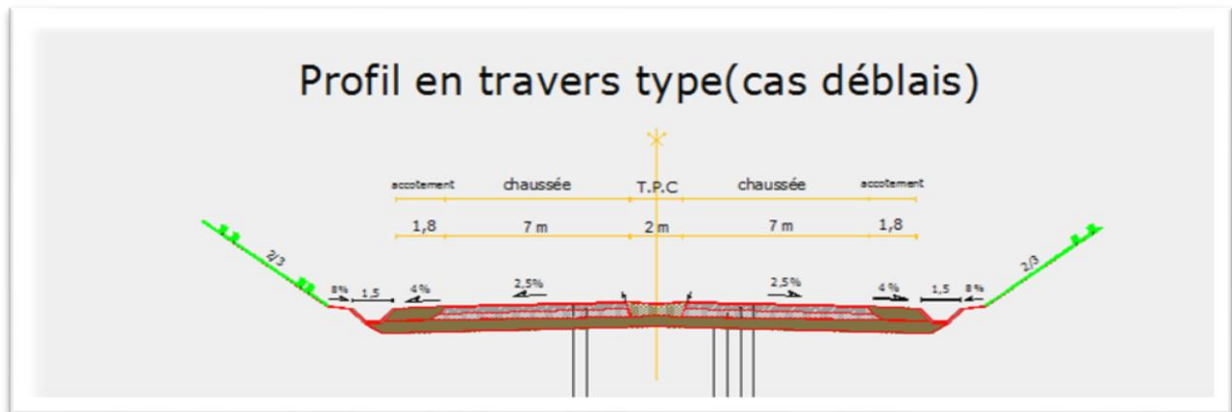
Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...).qui servent à calculer les cubatures.

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).





IV. 4 - Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la RN 04 sera composé d'une deux chaussée unidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $(3.5 \times 2) \times 2 = 14.00 \text{ m}$
- Accotement : $2 \times 2,00 \text{ m} = 4,00 \text{ m}$
- Terre-plein centrale : 1 m
- Plateforme : 19,00 m

CHAPITRE:V

CUBATURES

V. 1 - Généralités :

La réalisation d'un ouvrage de génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers courants.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.

Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements)).

V. 2 - Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais 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. 3 – Méthode utilisée :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec 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 :

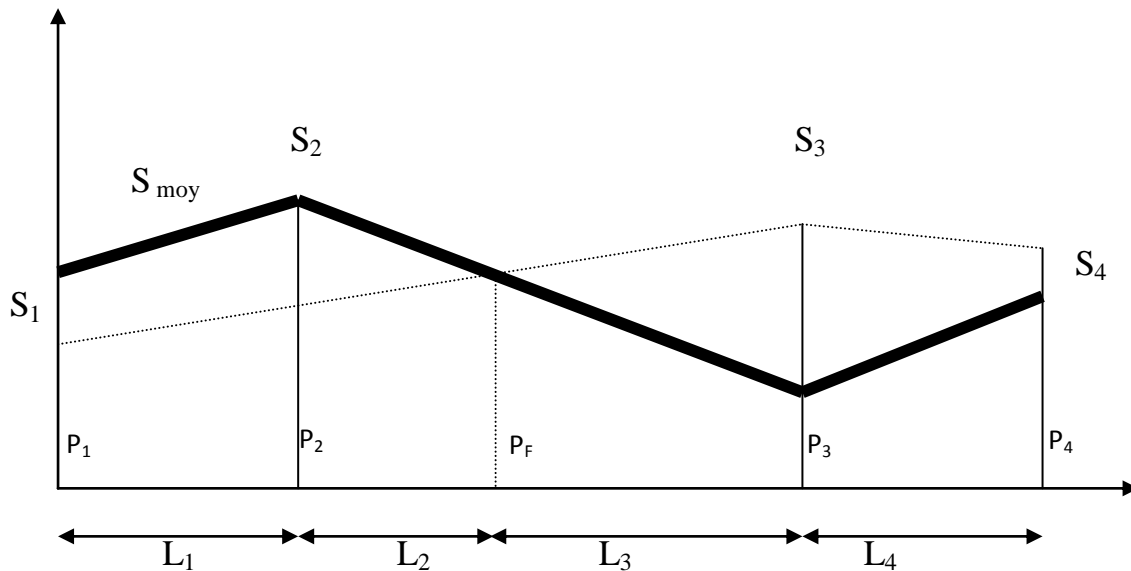
En utilisant la formule qui calcule le volume compris entre deux profils successifs

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

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

V. 4 - Application :

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné



Le volume compris entre les deux profils en travers **P1** et **P2** de section **S1** et **S2** sera égal à :

$$V = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4 S_{\text{moy}})$$

Pour un calcul plus simple on à considérer que : $S_{\text{moy}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$, $V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Donc les volumes seront :

Entre **P1** et **P2** : $V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Entre **P2** et **PF** : $V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2}$

Entre **PF** et **P3** : $V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$

Entre **P3** et **P4** : $V_4 = L_4 \cdot \frac{(S_3 + S_4)}{2}$

Le volume total V:

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

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

V. 5 – 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: $VD = 10\ 600.00\ m^3$

Le volume de remblais est de: $VR = 11\ 660.00\ m^3$

CHAPITRE:VI

ETUDE GEOTECHNIQUE

VI. 1 - 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.

VI. 2 - Réglementation algérienne en géotechnique :

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

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sol couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des Études géotechnique, par exemple :

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

VI. 3 - 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.

VI. 4 - 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 (**IP = 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.

VI. 5 - Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile.

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

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

VI. 6 - Les Moyens De Reconnaissance :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

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

Note: A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet, et ceci parce qu'il n'a pas encore été réalisé.

CHAPITRE:VII

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

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 couche 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:

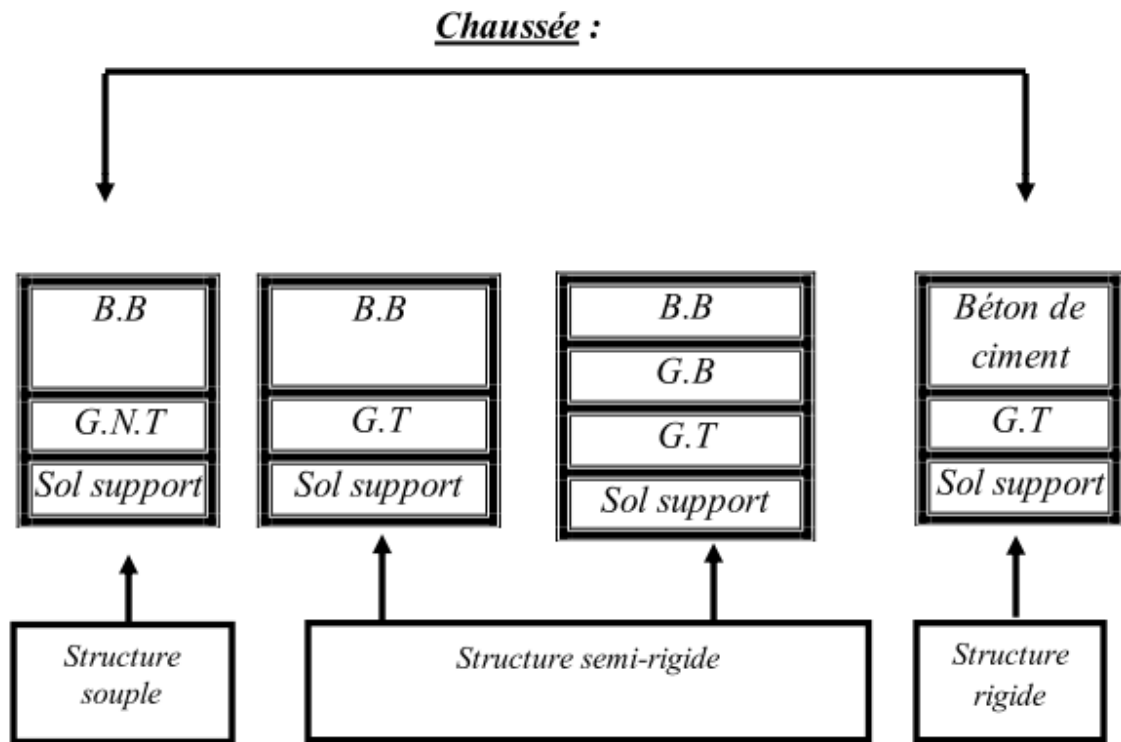
- Sur un sol rocheux : elle joue le rôle de nivellement afin d’aplanir la surface ;
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

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)



BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non traité

Figure VII. 1- les différentes catégories de chaussée

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

Avec: a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

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 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 15^{ème} année Tj.
- ❖ Les caractéristiques de sol (Sj).

VII. 3. 2. 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	$T < 7.3 * 10^5$
T ₂	$7.3 * 10^5 < T < 2 * 10^6$
T ₃	$2 * 10^6 < T < 7.3 * 10^6$
T ₄	$7.3 * 10^6 < T < 4 * 10^7$
T ₅	$T > 4 * 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_e = T_{PL} [1 + ((1+\tau)^{n+1} - 1 / \tau)] . 365$$

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

τ : Taux d'accroissement annuel.

VII. 3. 2. 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. 3 - La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :

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

$$Teq = [TJMA \cdot a [(1+\tau)^n - 1] \cdot 0,75 \cdot PL \cdot 365] / [(1+\tau) - 1]$$

Teq : trafic équivalent par essieu de 13t.

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

a : coefficient qui dépend du nombre de voies.

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : durée de vie de la route.

PL : 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 **Teq**, **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. 3.1 - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

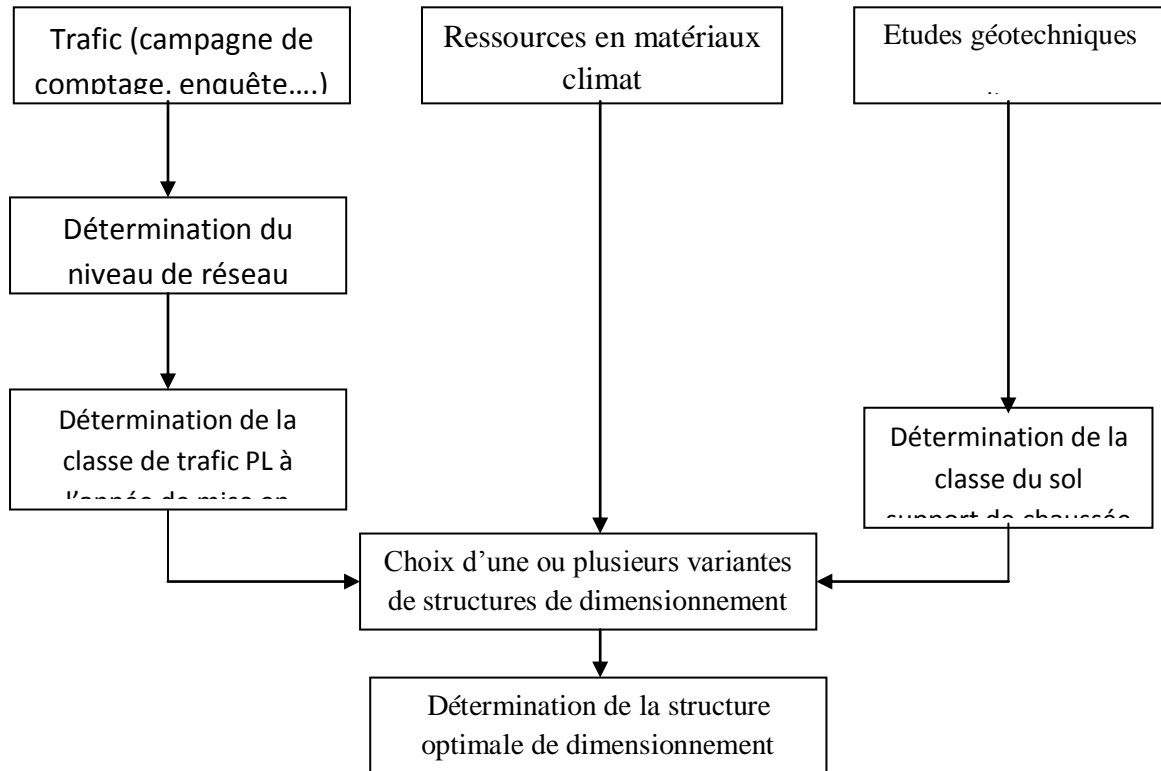
L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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 :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser la méthode CBR.

Méthode CBR :

On a : PL = 20% ; τ = 4% ; I_{CBR} = 6

TJMA₂₀₄₇ = 18486 v/j

N = (TJMA₂₀₄₇ x % PL) / 2

N = (18486 x 0.20) / 2 = 1848.6 PL/j/sens.

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1848.6}{10})}{6 + 5} \quad e = 52.74 \text{ cm}$$

Donc : e ≈ 53 cm

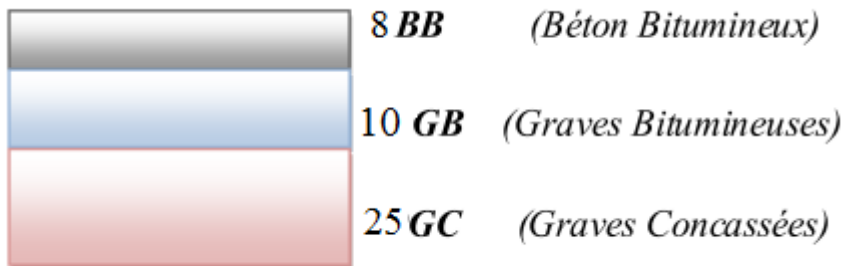
On a: $e = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3)$

On propose les matériaux suivants pour chaque couche

- Couche de roulement $a_1 = 2$: béton bitumineux
- Couche de base $a_2 = 1.2$: grave bitume
- Couche de fondation $a_3 = 1$: grave concassées

$$2 \times 8 + 1.2 \times 10 + 1 \times e_3 = 53 \text{ cm} \quad e_3 = 25 \text{ cm}$$

Donc épaisseur réelle est de : **8 (BB) + 10 (GB) + 25 (GC) = 43 cm**



Note: les épaisseurs sont indiquées en centimètres

CHAPITRE:VIII

ASSAINISSEMENT

VIII. 1 - Introduction :

L'assainissement routier comprend l'ensemble des moyens utilisés pour résoudre les problèmes de collecte et d'évacuation des eaux superficielles et internes dans l'emprise de la route et par extension, ceux des rétablissements des petits écoulements naturels.

L'assainissement routier comporte en fait trois volets :

a. La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route :

Toute accumulation d'eau sur la chaussée favorise en particulier l'aquaplanage, augmente les projections d'eau par les véhicules et tend ainsi à diminuer la sécurité des usagers. De plus l'eau qui stagne en surface, finit toujours par s'infiltrer.

b. La collecte et l'évacuation des eaux internes (le drainage) :

L'eau infiltrée provoque, avec le temps, des désordres dans les couches de chaussée ou entraîne une perte de portance du support.

c. Le rétablissement des petits écoulements naturels :

Des ouvrages de rétablissement bien conçus et correctement exécutés permettant de se prémunir contre les inondations et contre les dégâts causés aux différents ouvrages, notamment aux remblais routiers.

VIII. 2 - Drainage des eaux souterraines:

VIII. 2. 1 – Nécessité du drainage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

VIII. 2. 2 - Protection contre la nappe phréatique:

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

- des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- de l'importance des problèmes de gel.
- de leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

VIII. 3 - Définitions :

a. Bassin versant :

C'est la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

Elle est définie par la topographie et délimitée soit par une crête soit artificiellement par une canalisation.

b. Collecteur (canalisation):

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites Collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

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

c. Cheminée (chambre de visite):

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyer et pour faciliter l'entretien des canalisations.

Pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 100 m.

d. Sacs :

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

e. Ovoïde :

Lorsque les débits sont importants et entraînent de gros diamètres, la canalisation est remplacée par un ovoïde.

f. 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.

VIII. 4 - Nature et rôle des réseaux d'assainissement routier :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés.

Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

VIII. 5 - Données pluviométriques :

La région de Relizane est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.

D'après les observations effectuées à la station météorologiques on a :

- Pluie moyenne journalière **P_j**
- L'exposant climatique **b**
- Le coefficient de variation climatique **C_v**

VIII. 5.1. Superficie des bassins versant :**Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée P(%) :**

Le calcul de la précipitation P_j (%) est obtenu 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 dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie (t) en minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs du variable de GAUSS en fonction de la fréquence :

Valeurs de variable du GAUSS

Fréquence (%)	Période de retour (ans)	Variable de gaussien (U)
50	2	0.000
20	5	0.841
10	10	1.282
2	50	2.057
1	100	2.327

VIII. 5.2. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements:**VIII. 5.2-1 Estimation des débits de crue :**

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne **I** de la pluie, et de durée " t " égale au temps de concentration et effectué par une formule donnant un débit de la méthode dite rationnelle et est donnée par

$$Q = 2.778 \times C \times I \times A$$

Q : débit déterminant en m³/s

C : coefficient de ruissellement.

I : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en mm/h

2.778 : coefficient qui permet de convertir les mm/h en l/s

A : superficie de la surface drainée (bassin versant)

VIII. 5.2-2 Coefficient de ruissellement "c" :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée

Type de surfaces	C
Habitation très dense	0.9
Habitation dense	0.6 à 0.7
Habitation moins dense	0.4 à 0.5
Cartier résidentiel	0.2 à 0.3
Espace vert	0.05 à 0.2
Espace pavé à large point	0.6
Voie en macadam non goudronné	0.35
Allée en gravier	0.2
Surface totalement imperméable (toiture, chaussée, trottoir)	0.9

VIII. 5.2-3 Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

1- Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j (\%) = \frac{P_{jMOY}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot \sqrt{\exp(\ln(cv^2 + 1))}$$

Pj moy : pluie journalière moyenne (mm).

CV : Coefficient de variation.

U : variable de gauss il est de 1.28 pour une période de retour de 10 ans.

Ln : log Népérien.

2- calcul de l'intensité de l'averse:

$$P(t) = p_j \cdot (T_c/24)^b$$

Avec :

Pj : Hauteur de la pluie journalière.

b : Exposant de climatique.

T_c: Temps de concentration (heure).

3- Temps de concentration :

La saturation de notre carrefour est située dans une zone de pente de 2 %

$$T_c = 0.127 \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{P}}$$

4- Calcul de la fréquence de pluie de courte durée :

$$P(t) = 1,13 \cdot P_j \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

5- Calcul de l'intensité moyenne :

$$I(t) = P(t) / T_c$$

6- Calcul des débits:

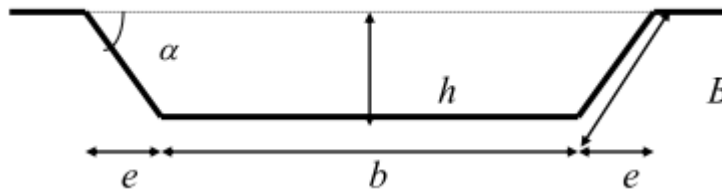
On va calculer le débit avec la méthode rationnelle

$$Q = 2,778 \cdot 10^{-7} \cdot C.I.A$$

VIII. 6- Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plate-forme, dans les sections en déblais, ils recueillent et écoulent les eaux de ruissellement.

La hauteur des talus de déblais est supérieur à 3.00 m alors on prévoit des fossés de forme trapézoïdal à parois en béton



La pente du talus à ($p = 1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

Calcul de la surface mouillée :

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

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

$$S_m = bh + n.h^2 = h \cdot (b + n.h)$$

$$S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$$

Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

D'après PYTAGORE :

$$\text{Avec: } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \cdot h^2} = h \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

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

Calcul le rayon hydraulique :

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

à la saturation :

$$Q_{\text{amax}} = Q_s = K \cdot J^{1/2} \cdot S_m \cdot R^{2/3}$$

J : est la pente de l'ouvrage trouvée égale à 2%.

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

VIII. 7- Calcul des ouvrages d'évacuations :

Les sections à donner aux ouvrages d'évacuation sont basées sur le principe de l'écoulement libre, la formule de BAZIN, nous permet de déterminer la vitesse de l'écoulement ainsi que le taux de remplissage des conduites.

La formule de base est : $Q = V \cdot S$

Q : débit.

S : section transversale.

V : vitesse d'écoulement en m/s.

Réseau unitaire on a :

$$R_h = S_m / P_m = (\pi D^2 / 4) / \pi D = D / 4$$

S_m : surface mouillée.

P_m : périmètre mouillé.

On aboutit à la formule suivante :

$$Q = (1/n) Rh^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

Q: débit max. (m³/s)

n: coefficient de rugosité de la canalisation.

I: pente moyenne de la canalisation.

S: section transversale de l'écoulement (m²).

Rh : rayon hydraulique

Nous avons utilisé des conduites circulaires de qualité normale et par conséquent nous avons pris n=0.015, pour des raisons d'exécution on a prévu le même diamètre pour tout le passage souterrain.

Alors :

$$\begin{aligned} Q &= (1/0.15) \cdot (\pi R^2 / 2\pi R)^{2/3} \sqrt{I} \cdot (\pi R^2 / 2) \\ &= (1/0.15) \cdot (R / 2)^{2/3} \sqrt{I} \cdot (\pi R^2 / 2) \end{aligned}$$

On a la pente moyenne de la conduite **I=4.5%**, donc :

$$Q = 13.99 R^{8/3} \Rightarrow R = (Q / 13.99)^{3/8}$$

Le débit est assuré pour un diamètre

$$\phi = 2R$$

VIII. 8 - CONCLUSION :

Pour notre cas nous avons utilisé des ouvrages busées $\phi = 1000, 1500$ et 2000 mm

CHAPITRE:IX

SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

IX - 1-Introduction

La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'utilisateur de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'utilisateur de la route tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui, et ce, en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

Elle doit donc lui permettre d'anticiper toute manœuvre ou tout changement de direction et lui permettre de s'y préparer. En plus de lui servir de guide en lui indiquant la route à suivre ainsi que les dangers qui la parsèment (courbe en pente prononcée, accotement mou, chaussée glissante, etc.), elle lui rappelle les diverses prescriptions du code de la sécurité routière et des règlements municipaux.

Le langage de la signalisation routière doit être clair et compréhensible par tous. Il est, par conséquent, en constante évolution et fait l'objet de recherches continues afin d'accroître la sécurité routière et la fluidité de la circulation.

IX - 2-Objectifs de signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

IX - 3-Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

IX - 3.1-Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

IX - 3.1.1--signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150 m de l'intersection

Le signale B3 accompagné dans les cas d'un panneau additionnel

(Model G5) est implanté sur la route prioritaire.

IX - 3.1.2-signalisation de position :

Le signal de type B2 "arrêt obligatoire" est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

IX - 3.1.3-signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usages de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils ont fixé, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75%.

IX - 3.2-signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussée qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche.

La signalisation horizontale se divise en trois types:

IX - 3.2.1-marques longitudinales:**IX - 3.2.1.1-lignes continues:**

Elles ont un caractère impératif (non franchissable sauf du côté où elles sont doublées par une ligne continue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où lorsque le dépassement est interdit.

IX - 3.2.1.2-Lignes discontinues:

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est à dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.

On distingue :

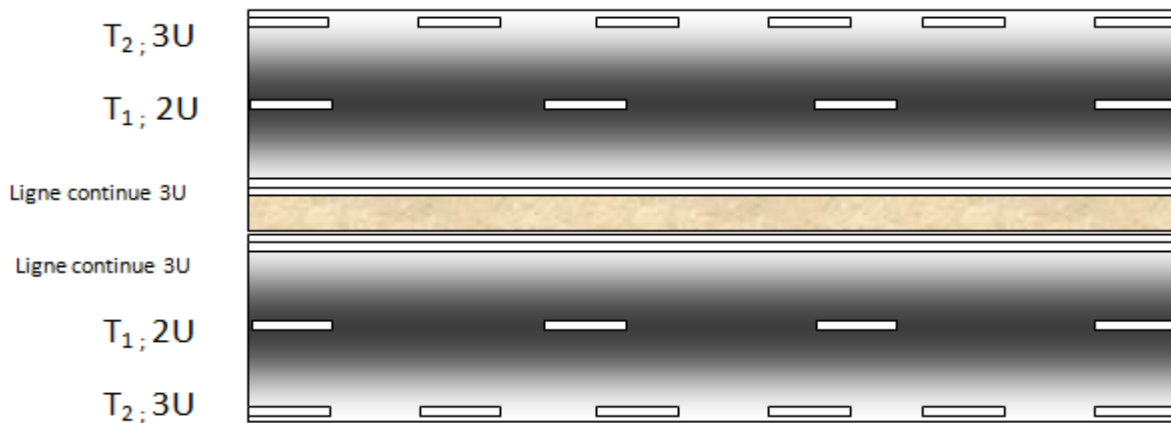
- Les lignes axiales ou lignes de délimitation des voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits dans ces cas est égale à celle de leurs intervalles
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, la longueur des traits de ces lignes est triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont recapitalisées dans le tableau ci-dessous :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits (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

Tableau-XII-1

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7 cm.et les lignes de délimitation des voies sont de type T1 et de largeur de 2U.



(Figure-XII-1)

IX - 3.2.2-Marques transversales :

IX - 3.2.2.1-Ligne stop:

C'est une ligne continue qui oblige les usages à marquer un arrêt.

IX - 4-Autre signalisation :

IX - 4.1-Les flèches de rabattement :

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

IX - 4.2-Les flèches de sélection:

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

IX - 4.3-Largeur des lignes :

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

U = 7 cm sur les autoroutes et les voies rapides urbaines

U = 6 cm sur les routes et les voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes

IX - 5 –Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivant leurs performances de retenue.

IX - 5.1-Les glissières de niveau 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

IX - 5.2-Les glissières de niveau 2 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 km/h).

Concernent les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants:

IX - 5.3-Sur le TPC :

Éventuel pour les cas des routes à deux chaussées de type R.

IX - 5.4-Sur accotement :

- En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.
- Lorsque la hauteur des remblais dépasser 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple). Pour les autres cas, des glissières peuvent être implanté en cas de problèmes spécifique.

Il est à notre cependant.

- Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- Qu'il faut vérifier qu'elles n'entrent pas visibilité.

IX - 6 –Les critères de choix de la signalisation :

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités). Cohérence avec la règle de circulation. Choix
- 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.

IX - 7 –Application au projet :

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

Signalisation horizontale :

- marquage de la chaussée en ligne continue.
- Lignes continue de largeur de 15 cm.
- marquage de la chaussée en ligne discontinue.
- Lignes discontinues 3/9/0,15.

Signalisation verticale:

- signalisation d'interdiction ou de restriction type C.
- panneau de signalisation.
- portique de signalisation.
- Panneau d'interdiction ($3 \times 1,70$) m²

- **Exemple :**

- **Signalisation horizontale :**

Lignes discontinue

Lignes continue



- **Signalisation verticale :**



B2- Marquer arrêt

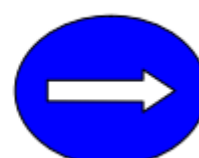
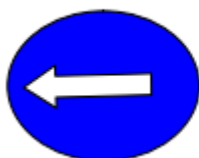


B1- Céder passage



A24- Arrêt à 150 m

Signalisation pour carrefour





C11- interdit de dépasser 80km/h



C12- interdit de dépasser 60km/h



Les signaux de danger type A

IX - 8 -Eclairage

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

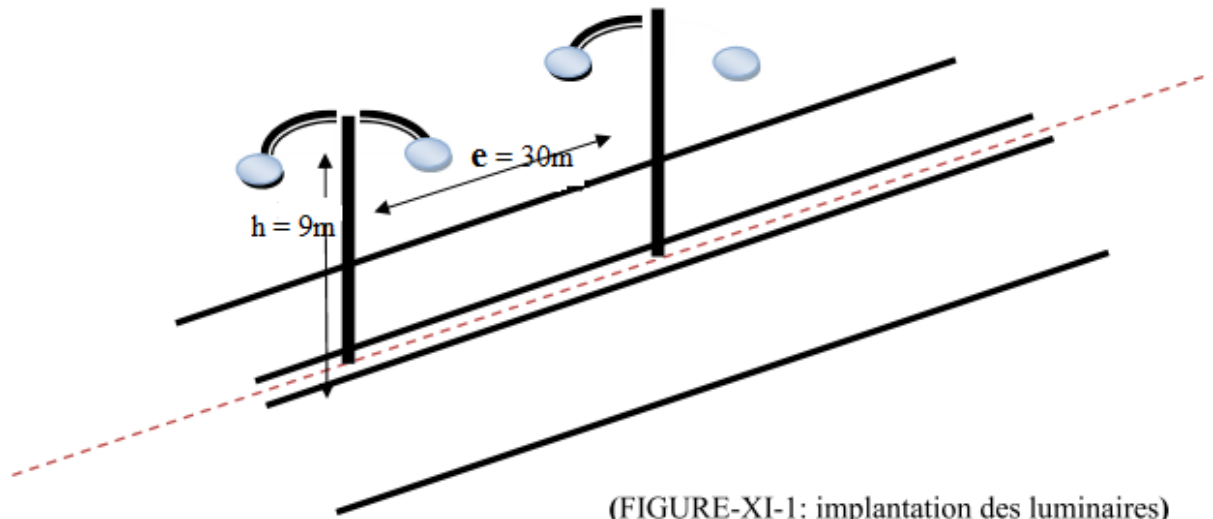
On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

IX - 8 -1-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 7 à 9 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.



IX - 8 -2- Application au projet :

Eclairage de la voie (le long de la RN04)

Les candélabres de 9 m de hauteur sont implantés dans le centre de terre-plein central avec deux luminaires, éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 30 m.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :

N°	Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire	Montants DA
1	Abattage des arbres	U	600	500	300 000
2	Terrassement				
	Déblais mis en dépôts	M3	10600	200	2 120 000
	Remblais en provenance d'emprunts	M3	11660	800	9 328 000
	Décapage de la terre végétale (30cm)	M3	23850	200	4 770 000
	Total terrassement				16 218 000
3	Chaussée				
	C. Fondation (GNT)	M3	25175	2200	55 385 000
	C. Base (GB)	T	17066	8500	145 061 000
	C. Roulement (BB)	T	11946.2	9000	107 515 800
	Matériaux sélectionnés pour accotements	M3	4505	800	3 604 000
	Bordure de TPC	ML	10600	900	9 540 000
	Total chaussée				321 105 800
4	Assainissement				
	Fossé bétonné	ML	5220	2500	13 050 000
	Ouvrages Busée	ML	300	30000	9 000 000
	Total Assainissement				22 050 000
	Sous Total				359 673 800
5	Signalisation		F (0.25)		890 184.5
6	Eclairage public		F (10%)		35 607 380
	Total (HT)				396 171 364.5
	T.V.A (19%)				75 272 559.25
	Total (TTC)				471 443 923.75

Le devis a été estimé à une somme de :

Quatre Cent Soixante Onze Millions Quatre Cent Quarante Trois Mille Neuf Cent Vingt Trois Dinars Algériennes et 75 Cts.

CONCLUSION

Conclusion général :

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tous les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation afin de pouvoir diminuer la congestion que subit la RN04.

Cette étude d'APD nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans les agglomérations comme la wilaya de Relizane où nous a été confié un tronçon routier.

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE 5.05 et l'AUTO CAD+COVADIS.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- Cours de routes de 3^{ème} année et 1^{er} année master.
- B40 (Normes techniques d'aménagement des routes).
- B60 et B61 (Catalogue des structures, types des chaussées neuves).
 - La signalisation routière.
 - Assainissement (Recommandation).
 - Les anciens mémoires.

Annexes

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	231.580	6386.300
D1	G = 134.819g	483.588			
			483.588	644.622	6134.797
C1	XC= 852.653				
	YC= 6476.444				
	R = 400.000	183.809			
			667.397	817.729	6077.972
D2	G = 105.565g	523.824			
			1191.221	1339.553	6032.238
C2	XC= 1287.168				
	YC= 5434.529				
	R = -600.000	154.627			
			1345.847	1490.160	5999.148
D3	G = 121.972g	310.579			
			1656.426	1782.424	5894.073
C3	XC= 2053.079				
	YC= 6646.898				
	R = 800.000	150.846			
			1807.271	1928.332	5856.684
D4	G = 109.968g	536.555			
			2343.827	2458.324	5773.016
C4	XC= 2349.169				
	YC= 5081.579				
	R = -700.000	205.476			
			2549.303	2653.715	5711.858
D5	G = 128.655g	663.495			
			3212.798	3251.125	5423.195
C5	XC= 3773.204				
	YC= 6503.673				
	R = 1200.000	34.082			
			3246.880	3282.019	5408.804
D6	G = 126.847g	515.995			
			3762.875	3752.809	5197.597
C6	XC= 3466.284				
	YC= 4558.923				
	R = -700.000	137.331			
			3900.207	3871.809	5129.492
D7	G = 139.337g	1399.917			
			5300.123	5012.880	4318.490

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Cote
			0.000	404.356
D1	PENTE= 0.123 %	734.766		
			734.766	405.260
PR1	SS= 742.143 ZS= 405.264			
	RS = -6000.000	33.188		
			767.954	405.209
D2	PENTE= -0.430 %	584.137		
			1352.091	402.696
PR2	SS= 1386.505 ZS= 402.622			
	RS = 8000.000	39.878		
			1391.969	402.624
D3	PENTE= 0.068 %	951.936		
			2343.905	403.274
PR3	SS= 2350.051 ZS= 403.276			
	RS = -9000.000	18.351		
			2362.255	403.268
D4	PENTE= -0.136 %	1453.813		
			3816.068	401.296
PR4	SS= 3829.628 ZS= 401.287			
	RS = 10000.000	23.843		
			3839.912	401.292
D5	PENTE= 0.103 %	1460.212		
			5300.123	402.794