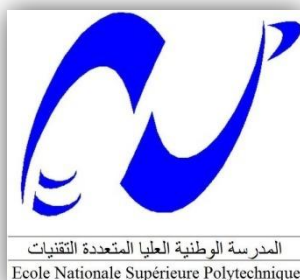


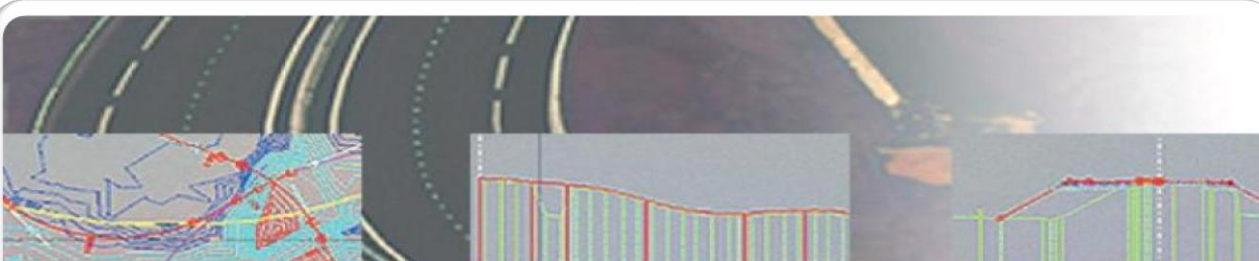
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme  
D'Ingénieur d'État en Génie Civil



**Thème :**

*Etude de l'aménagement de la Liaison Routière :  
Rocade Sud d'Alger - Village Artistique de Zeralda*

**Encadré par :**

Mme. M.MORSLI  
Mme. R.KETTAB

**Réalisé par :**

Mr. BOUSBA Reda  
Mr. BRAHIM Mohamed Amine

Juin 2009

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents,  
Mes frères et ma sœur,  
Toute la famille,  
Tous mes amis.*

*Reda*

---

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents,  
Mon frère et ma sœur,  
Toute ma famille,  
Tous mes amis.*

*Mohamed Amine*

## *Remerciements*

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout **ALLAH** le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans de bonnes conditions.

Nous tenons à remercier nos promotrices **Mme M.MORSLI** et **Mme R.KETTAB** de nous avoir suivi, dirigé et soutenu tout au long de ce travail. Leurs aides et leurs conseils nous ont été très précieux.

Nous remercions les membres de jury d'avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Nous remercions tous nos enseignants qui nous ont encadrés durant toute notre formation.

On remercie nos familles "**BRAHIM** et **BOUSBA**" ainsi que tous les amis pour leur soutien moral durant toute cette période.

Enfin, nos pensées à toute personne qui a contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce modeste travail.

## ملخص :

الهدف من هذا العمل هو دراسة مشروع طريق في المرحلة التمهيدية المفصلة. يهدف هذا العمل إلى تصميم، حساب وتحسين مختلف خصائص الطريق المدروس.

بعد دراسة حركة المرور وتحديد قدرة الطريق، قمنا بحساب سمك الطريق وفق طريقتين (طريقة CBR و طريقة الجدول). في المرحلة الثالثة صمّمنا وحسبنا هندسة الطريق. كما أنشئنا دراسات موجزة عن الصرف الصحي، حساب حجم الردم، اللافئات، الإضاءة، و تقييم للكميات والأسعار.

**كلمات مفتاحية :** حركة المرور، طريق معبد، ميل، تصميم هندسي.

## Résumé :

Le but de ce travail porte sur la conception d'un projet routier en phase d'Avant Projet Détaillé (APD). Le travail consiste à concevoir, calculer et affiner les différentes caractéristiques de la liaison étudiée.

Après une étude du trafic et la détermination de la capacité de la route, on a dimensionné le corps de chaussée suivant deux méthodes (méthode CBR et méthode du catalogue). Dans une troisième phase on a conçu et calculer le tracé géométrique de notre route. Des études sommaires portant sur l'assainissement, le calcul des cubatures de terrassement, la signalisation, l'éclairage ainsi qu'un devis quantitatif et estimatif ont été établies.

**Mots clés:** trafic, chaussée, dévers, conception géométrique.

## Abstract :

The aim of this work focuses on the design of a road project being detailed preliminary. The work is to design, calculate and refine the characteristics of the crossover study.

After traffic study and determine the capacity of the road, we sized the body of road following two methods (CBR method and method of the catalog). In a third phase was designed and calculate the geometry of the road. Summary of studies on purification, the calculation of cubature, signage, lighting as well as a quantitative and estimated estimate were established.

**Key words:** traffic, roadway, geometrical design.

## Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>PRESENTATION DU PROJET.....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : LE PROJET ROUTIER.....</b>	<b>4</b>
I.1. INTRODUCTION.....	4
I.2. ETAPES D'UN PROJET ROUTIER.....	4
I.2.1. Des études préliminaires.....	4
I.2.2. Une décision ministérielle.....	4
I.2.3. Des études d'Avant- Projet Sommaire.....	5
I.2.4. L'approbation de l'Avant-Projet Sommaire.....	5
I.2.5. Enquête publique.....	5
I.2.6. Déclaration d'utilité publique.....	5
I.2.7. Approbation du projet par le ministère en charge de l'équipement.....	5
I.2.8. Démarrage des travaux.....	5
I.2.9. Mise en service.....	5
I.3. STATUT D'UNE LIAISON ROUTIERE.....	6
I.3.1. Catégorie de route.....	7
I.3.2. Environnement de route.....	7
a) La dénivelée cumulée moyenne.....	7
b) Sinuosité.....	7
I.3.3. Hiérarchisation du réseau routier.....	8
I.3.4. Vitesse de référence (de base) .....	8
I.4. PARAMETRES FONDAMENTAUX.....	8
I.5. APPLICATION À NOTRE LIAISON.....	9
I.5.1. Statut de la route.....	9
I.5.2. Valeurs des paramètres fondamentaux.....	9
I.6. CONCLUSION.....	10
<b>CHAPITRE II : TRAFIC ET CAPACITE.....</b>	<b>11</b>
II.1. LE TRAFIC.....	11
II.1.1. Objectifs des études de trafic.....	11
II.1.2. Les enquêtes.....	11
a) Enquêtes de trafic.....	11
b) Enquêtes de circulation.....	12
c) Mesures de poids.....	13
II.1.3. Explication des résultats pour le calcul de capacité.....	14
II.2. CAPACITE D'UNE LIAISON.....	14
II.2.1. Définitions.....	14
II.2.2. Calcul de la capacité.....	14
II.3. APPLICATION AU PROJET.....	16
II.4. CONCLUSION.....	17
<b>CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE.....</b>	<b>18</b>
III.1. INTRODUCTION.....	18
III.2. LE TRACE EN PLAN.....	18
III.2.1. Définition.....	18
III.2.2. Les règles à respecter pour le tracé en plan.....	18
III.2.3. Les éléments de tracé en plan.....	18
a) Les alignements.....	19
b) Les arcs de cercle.....	19
c) Les courbes de raccordement.....	22

III.2.4. Combinaison des éléments du tracé en plan.....	24
a) Courbe en S.....	24
b) Courbe à sommet.....	24
c) Courbe en C.....	25
d) Courbe en Ove.....	25
III.2.5. Application au projet.....	25
a) Calcul d'axe .....	26
b) Caractéristiques de la courbe de raccordement.....	27
III.3. LE PROFIL EN LONG.....	32
III.3.1. Définition.....	32
III.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	32
III.3.3. Eléments constitutifs du profil en long.....	33
a) Les alignements.....	33
b) Les raccordements verticaux.....	33
III.3.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	35
III.3.5. Exemple de calcul de Profil en long.....	35
III.3.6. Profil en long du projet.....	36
III.4. PROFIL EN TRAVERS.....	38
III.4.1. Définition.....	38
III.4.2. Eléments constitutifs du profil en travers.....	38
III.4.3. Différents types de profil en travers.....	39
a) Profil en travers type.....	39
b) Profil en travers courant.....	39
III.4.4. Application au projet.....	39
III.5. CUBATURES DES TERRASSEMENTS.....	42
III.5.1. Méthode de calcul.....	42
III.5.2. Description de la méthode SARRAUS.....	43
III.5.3. Application au projet.....	44
III.6. CONCLUSION.....	44
<b>CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ASSAINISSEMENT DE CHAUSSEE...45</b>	
IV.1. LA CHAUSSEE.....	45
IV.1.1. Définition.....	45
IV.1.2. Constitution.....	45
IV.1.3. Rôles des différentes couches d'une chaussée.....	46
a) Le sol support.....	46
b) La couche de forme.....	46
c) La couche d'assise.....	46
d) La couche de surface.....	46
IV.1.4. Familles de structures de chaussée.....	47
a) Chaussées souples.....	47
b) Chaussées semi-rigides.....	47
c) Chaussées rigides.....	47
IV.2. DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES.....	48
IV.2.1. Facteurs déterminants dans le dimensionnement.....	48
a) Le trafic.....	48
b) La portance du sol.....	48
c) Les matériaux (module et fatigue) .....	48
d) Le climat (variation de température et gel) .....	48

IV.2.2. Méthode de dimensionnement.....	49
a) Méthode C.B.R (Californian Bearing Ratio).....	49
b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	51
IV.2.3. Application au projet.....	54
a) Méthode C.B.R (Californian Bearing Ratio).....	54
b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	55
IV.3. ASSAINISSEMENT.....	56
IV.3.1. Objectif de l'assainissement.....	56
IV.3.2. Définitions des termes hydrauliques.....	57
IV.3.3. Assainissement de la chaussée.....	58
IV.3.4. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation.....	59
a) Calcul du débit d'apport ( $Q_a$ ).....	59
b) Calcul du débit de saturation ( $Q_s$ ) .....	60
IV.3.5. Application au projet.....	61
a) Dimensionnement des buses.....	61
b) Dimensionnement des fossés.....	62
IV.4. CONCLUSION.....	63
<b>CHAPITRE V : GEOTECHNIQUE, SIGNALISATION ET ECLAIRAGE.....</b>	<b>64</b>
V.1. GEOTECHNIQUE.....	64
V.1.1. Généralités.....	64
V.1.2. Différentes essais en laboratoire.....	64
a) Analyse granulométrique.....	65
b) Sédimentométrie.....	66
c) Equivalent de Sable.....	66
d) Essai bleu de méthylène.....	67
e) Les limites d'Atterberg.....	67
f) Essai Proctor.....	68
g) Essai CBR.....	70
h) Essai Los Angeles.....	70
i) Essai Micro Deval.....	71
V.1.3. Les essais in situ.....	71
a) L'essai à la plaque.....	71
b) Essais pressiométriques.....	72
V.1.4. Conclusion.....	72
V.2. SIGNALISATION.....	73
V.2.1. Signalisation horizontale.....	73
a) Marquages longitudinaux.....	73
b) Marquages transversaux.....	73
V.2.2. Signalisation verticale.....	74
V.2.3. Application au projet.....	74
V.3. ECLAIRAGE.....	76
V.3.1. Catégories d'éclairages.....	76
V.3.2. Paramètres de l'implantation des luminaires.....	76
V.3.3. Application au projet.....	76
<b>DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>ANNEXE A : Présentation de Piste 5</b>	
<b>ANNEXE B : Résultats des calculs</b>	
<b>ANNEXE C : Glossaire des termes utilisés dans le domaine routier</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 0.1.</b> <i>Rocade Sud d'Alger</i> .....	2
<b>Figure 0.2.</b> <i>Localisation géographique du projet</i> .....	2
<b>Figure 3.1.</b> <i>Les éléments du tracé en plan</i> .....	18
<b>Figure 3.2.</b> <i>Les forces agissant sur un véhicule dans un virage</i> .....	20
<b>Figure 3.3.</b> <i>Les différentes sections d'un virage</i> .....	22
<b>Figure 3.4.</b> <i>Eléments de la clothoïde</i> .....	23
<b>Figure 3.5.</b> <i>Courbe en S</i> .....	24
<b>Figure 3.6.</b> <i>Courbe à sommet</i> .....	24
<b>Figure 3.7.</b> <i>Courbe en C</i> .....	25
<b>Figure 3.8.</b> <i>Courbe en Ove</i> .....	25
<b>Figure 3.9.</b> <i>Raccordement avec clothoïde</i> .....	26
<b>Figure 3.10.</b> <i>Tracé en plan du projet</i> .....	30
<b>Figure 3.11.</b> <i>Localisation de la voie lente dans le tracé</i> .....	31
<b>Figure 3.12.</b> <i>Représentation des dévers pour chaque rayon</i> .....	31
<b>Figure 3.13.</b> <i>Profil en long d'une route</i> .....	32
<b>Figure 3.14.</b> <i>Exemple de calcul de profil en long</i> .....	35
<b>Figure 3.15.</b> <i>Profil en long du projet</i> .....	36
<b>Figure 3.16.</b> <i>Profil en travers général</i> .....	39
<b>Figure 3.17.</b> <i>Voie supplémentaire pour véhicule lents en rampe</i> .....	40
<b>Figure 3.18.</b> <i>Profils en travers types</i> .....	40
<b>Figure 3.19.</b> <i>Profil en travers caractéristique n° 1 du projet</i> .....	41
<b>Figure 3.20.</b> <i>Profil en travers caractéristique n° 112 du projet (avec voie lente)</i> .....	41
<b>Figure 3.21.</b> <i>Surface remblai et surface déblai</i> .....	42
<b>Figure 3.22.</b> <i>Principe de la méthode SARRAUS</i> .....	43
<b>Figure 4.1.</b> <i>Terminologie d'une structure de chaussée</i> .....	45
<b>Figure 4.2.</b> <i>Chaussées souple</i> .....	47
<b>Figure 4.3.</b> <i>Chaussée semi-rigide</i> .....	47
<b>Figure 4.4.</b> <i>Démarche du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves</i> .....	51
<b>Figure 4.5.</b> <i>Structure de chaussée (CBR)</i> .....	55
<b>Figure 4.6.</b> <i>Structure de chaussée (catalogue)</i> .....	55
<b>Figure 4.7.</b> <i>Définitions des termes hydrauliques</i> .....	57
<b>Figure 4.8.</b> <i>Différents types de fossés longitudinaux</i> .....	58
<b>Figure 4.9.</b> <i>Profil en travers du fossé</i> .....	62
<b>Figure 5.1.</b> <i>Courbe granulométrique d'un sable</i> .....	65
<b>Figure 5.2.</b> <i>Essai équivalent de sable</i> .....	66
<b>Figure 5.3.</b> <i>Essai au bleu de méthylène</i> .....	67
<b>Figure 5.4.</b> <i>Représentation des limites d'Atterberg</i> .....	68
<b>Figure 5.5.</b> <i>Exemple de courbes Proctor normal et modifié</i> .....	69
<b>Figure 5.6.</b> <i>Opération de compactage</i> .....	69
<b>Figure 5.7.</b> <i>Appareil « Los Angeles »</i> .....	70
<b>Figure 5.8.</b> <i>Appareil MDE et tambour avec billes en acier</i> .....	71
<b>Figure 5.9.</b> <i>Dispositif de l'essai a la plaque</i> .....	71
<b>Figure 5.10.</b> <i>Pénétrromètre statique de 100 KN, sur chenillard</i> .....	72
<b>Figure 5.11.</b> <i>Représentation des panneaux de signalisation sur le tracé</i> .....	75
<b>Figure 5.12.</b> <i>Paramètres de l'implantation des luminaires</i> .....	76



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1.</b> <i>Environnement de la route</i> .....	7
<b>Tableau 1.2.</b> <i>Hauteur de l'œil</i> .....	8
<b>Tableau 1.3.</b> <i>Paramètres fondamentaux du projet</i> .....	9
<b>Tableau 2.1.</b> <i>Coefficient d'équivalence « P »</i> .....	15
<b>Tableau 2.2.</b> <i>Valeurs de <math>K_1</math></i> .....	15
<b>Tableau 2.3.</b> <i>Valeurs de <math>K_2</math></i> .....	15
<b>Tableau 2.4.</b> <i>Capacité théorique <math>C_{th}</math></i> .....	16
<b>Tableau 2.5.</b> <i>Résultats de calcul</i> .....	17
<b>Tableau 3.1.</b> <i>Rayons normalisés avec dévers associé</i> .....	21
<b>Tableau 3.2.</b> <i>Déclivité maximale</i> .....	33
<b>Tableau 3.3.</b> <i>Rayons en angle saillant</i> .....	34
<b>Tableau 3.4.</b> <i>Rayons en angle rentrant</i> .....	35
<b>Tableau 4.1.</b> <i>Coefficients d'équivalence des matériaux</i> .....	50
<b>Tableau 4.2.</b> <i>Classes de portance de sol</i> .....	52
<b>Tableau 4.3.</b> <i>Sur classement avec couche de forme</i> .....	53
<b>Tableau 4.4.</b> <i>Zones climatiques en Algérie</i> .....	53
<b>Tableau 4.5.</b> <i>Structures disponibles dans le catalogue</i> .....	53
<b>Tableau 4.6.</b> <i>Choix des couches de roulement et de base</i> .....	54
<b>Tableau 4.7.</b> <i>Coefficient de ruissellement</i> .....	59
<b>Tableau 4.8.</b> <i>Variable de Gauss</i> .....	59
<b>Tableau 4.9.</b> <i>Débit d'apport</i> .....	61
<b>Tableau 5.1.</b> <i>Dimensions des moules Proctor</i> .....	68
<b>Tableau 5.2.</b> <i>Modulation des lignes discontinues</i> .....	73

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Doté de plus 110 000 km de routes, le réseau routier algérien offre une densité routière de 3,3 km pour 1000 habitants. Celle-ci est largement supérieure à la moyenne africaine qui ne dépasse pas 0.5 km pour 1000 habitants. Elle reste cependant insuffisante lorsqu'on sait que 90% du volume des échanges commerciaux en Algérie passent par l'actuel réseau routier et autoroutier qui est un réseau inadapté au développement économique, au transport urbain, à l'exploitation des infrastructures portuaires et aéroportuaires.

Ainsi, l'Algérie s'est lancée dans la réalisation de nouvelles infrastructures routières et autoroutières qui combleront le déficit et apporteront un plus dans le développement de l'économie nationale. Au-delà de la livraison, en 2009, de l'autoroute Est-Ouest, plusieurs autres projets sont programmés et/ou en cours de réalisation. On citera les 4 rocades, la route saharienne, le renforcement et le maillage des axes routiers secondaires dans le nord-centre du pays, dont le schéma régional des wilayas du centre du pays définira les aménagements à réaliser pour régler de façon cohérente les déplacements entre ces wilayas, 3 rocades au sud d'Alger, la réalisation de nouvelles routes côtières, l'aménagement de celles qui existent actuellement, l'allègement de la pression sur la RN 27, la modernisation des RN 43 et RN9 ainsi que la RC 2A et enfin le maintien et le revêtement de plus de 8 000 km de routes.

Toutes ces futures réalisations entrent dans le schéma national d'aménagement du territoire. Ce dernier devrait permettre de remodeler l'occupation territoriale, de donner une attractivité aux villes algériennes dans les cadres euro-méditerranéen et maghrébin ; le but ultime est d'attirer l'investissement vers les pôles de compétition et d'excellence.

Sur le plan technique, la route doit être conçue et réalisée de façon à assurer à la fois la sécurité, le confort des usagers et la longévité de la structure. Or le trafic actuel est marqué par une intensité croissante du trafic poids lourds, à l'origine de la dégradation de la chaussée. La chaussée à *longue durée de vie* est un concept de plus en plus utilisé dans le domaine du génie civil. Des matériaux plus performants en assise de chaussée, et de matériaux à grande résistance à l'orniérage pour les couches de surface sont étudiés et proposés.

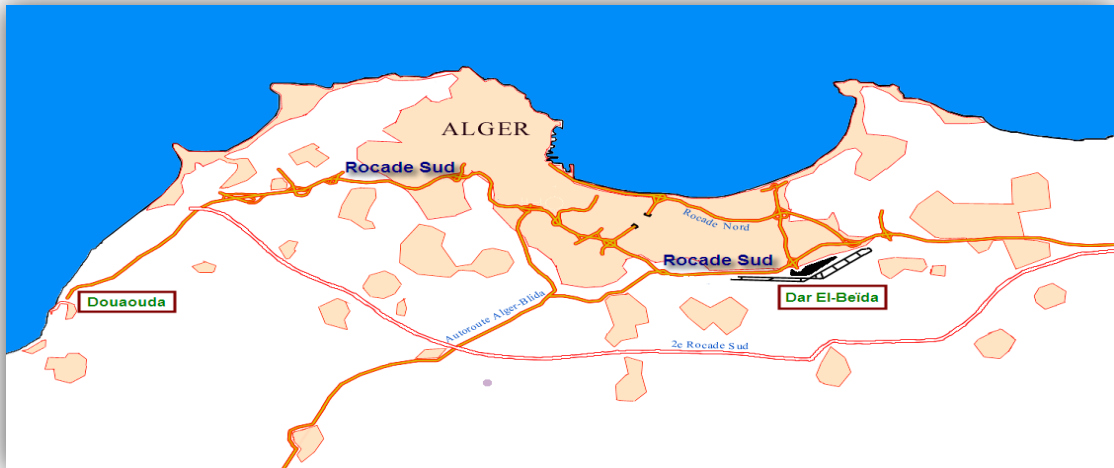
# **PRESENTATION DU PROJET**

---

## PRESENTATION DU PROJET

Le présent projet de fin d'étude consiste en l'étude de *l'aménagement de la liaison reliant la Rocade Sud d'Alger au village artistique de Zeralda*". Cette liaison s'étend sur une longueur de deux milles cent vingt mètres (2120 m).

La rocade Sud d'Alger, composée de 2×3 voies, est l'une des plus importantes rocades de la wilaya d'Alger. Située au Sud de la wilaya, elle relie la commune de Dar El-Beida (Est d'Alger) à celle de Douaouda (Ouest d'Alger), sur un linéaire de 45,5 Km.



**Figure 0.1.** Rocade Sud d'Alger

Le village artistique est situé à Zeralda, à l'ouest d'Alger. Il est construit sur un terrain de 2,2 hectares et permettra d'accueillir 2500 personnes réparties sur 24 blocs.



**Figure 0.2.** Localisation géographique du projet

Le projet est en phase d'Avant Projet Détaillé. C'est-à-dire que le couloir à travers lequel va passer la liaison est déjà défini ; ainsi la route est parfaitement définie par son environnement, sa catégorie et le trafic qu'elle doit assurer. Lors de cette phase, l'ingénieur affine les détails techniques et de fixe définitivement les caractéristiques de l'ouvrage.

Le travail qui nous a été confié est structuré en 8 parties :

- Etude de trafic ;
- Etude géométrique (tracé en plan, profil en long et profil en travers) ;
- Cubatures des terrassements ;
- Etude géotechnique ;
- Dimensionnement du corps de chaussée ;
- Etude d'assainissement ;
- Signalisations et éclairage ;
- Devis quantitatif et estimatif des travaux (D.Q.E).

Notre Projet de Fin d'Etude, objet de ce mémoire, a été conçu de façon à saisir l'opportunité que nous offre ce vaste chantier du réseau routier algérien pour enrichir, améliorer, appliquer et actualiser les connaissances acquises durant notre cursus universitaire.

# CHAPITRE I

## LE PROJET ROUTIER

---

- Introduction
- Etapes d'un projet routier
- Statut d'une liaison routière
- Parametres fondamentaux
- Application a notre liaison
- Conclusion

## I.1. INTRODUCTION

La route fait partie du domaine public : elle se trouve sous la responsabilité des services de l'État ou des collectivités publiques. Sa construction et son exploitation peuvent être déléguées à une société concessionnaire. Quelle que soit l'autorité de tutelle de nombreux intervenants participent à toutes les étapes de sa durée de vie, de la conception au fonctionnement.

La décision de construire une route s'intègre dans une approche globale qui comprend, l'appréciation des besoins à satisfaire, l'environnement, l'aménagement du territoire, l'urbanisme et la complémentarité avec les autres modes de transport.

Les études de conception vont permettre de mettre au point les modalités pratiques qui permettront sa construction : pour atteindre les objectifs de départ, la route projetée doit satisfaire à certaines caractéristiques tout en respectant la réglementation existante ; elle doit également utiliser au mieux les ressources en matériaux disponibles à proximité.

Plusieurs études différentes doivent être menées avant de commencer les chantiers. En prélude à la construction d'une route, différents types d'études sont menés simultanément comme des études géométriques de tracé, des études de structure de la chaussée, des études environnementales, faisant intervenir auprès des ingénieurs de nombreux experts : écologues, géographes, archéologues, sociologues, paysagistes, architectes ou naturalistes.

Ces études longues et complexes sont nécessaires à l'établissement d'un projet routier. Elles se déroulent en plusieurs phases, sur une longue période, et comprennent plusieurs étapes :

## I.2. ETAPES D'UN PROJET ROUTIER

### I.2.1. Des études préliminaires

- Analyse de la problématique autour du projet : étude des enjeux territoriaux ;
- Définition des objectifs du projet : continuité ou renforcement d'axe, problèmes de circulation interne, de transit ou échanges ;
- Recherche de scénarios : tracés, types d'axes ;
- Le maître d'ouvrage des études est désigné.

### I.2.2. Une décision ministérielle

- Dossier définitif d'études préliminaires ;
- Approbation des études préliminaires.



### **I.2.3. Des études d'Avant-Projet Sommaire**

- Définition des différentes options du tracé du projet et comparaison ;
- Description des impacts et mesures en faveur de l'environnement (biodiversité, paysage, air) pour la solution retenue ;
- Études géométriques, socio-économiques, de trafic, d'accidentologie :
  - Etape 1 : état initial ;
  - Etape 2 : études et comparaison de variantes ;
  - Etape 3 : étude de la solution retenue.

### **I.2.4. L'approbation de l'Avant-Projet Sommaire**

- Approbation de l'avant-projet sommaire ;
- Fixation d'un tracé à l'intérieur d'un fuseau de 300 mètres ;
- Estimation des coûts ;
- Projet proposé à l'enquête publique ;
- Instruction interadministrative.

### **I.2.5. Enquête publique**

### **I.2.6. Déclaration d'utilité publique**

- Décret du Premier Ministre ;
- Cahier des charges précis du projet, statut de la route, planning prévisionnel de réalisation, choix du concessionnaire, financement ;
- *Avant-Projet Détaillé*: étude du tracé précis, définition du coût avec bonne fiabilité ;
- Procédures complémentaires : enquêtes parcellaires, loi sur l'eau ;
- Acquisitions foncières ;
- Mise en conformité des plans d'occupation des sols et plans locaux d'urbanisme ;
- Projet d'exécution ;
- Consultation des entreprises : appels d'offres ;

### **I.2.7. Approbation du projet par le ministère en charge de l'équipement**

### **I.2.8. Démarrage des travaux**

### **I.2.9. Mise en service**

Ces différentes étapes, tirées de l'organigramme joint en annexe, sont données à titre indicatif pour illustrer l'acheminement d'un projet routier et situer le travail qui nous est confié (étape 6).

### I.3. STATUT D'UNE LIAISON ROUTIERE

Une route est définie par sa forme, largeur et épaisseur, et les matériaux qui la composent. Il en existe plusieurs types.

On définit une route par ses caractéristiques géométriques (par exemple son tracé en plan, son profil en travers, son profil en long), par les matériaux utilisés pour la construction des couches qui constituent sa structure et par ses caractéristiques de surface. Le nombre et la largeur des voies de circulation dépendent du volume et de la composition du "trafic", c'est à dire le nombre et le type des véhicules amenés à y circuler.

Le choix des caractéristiques générales dépend du statut de la liaison qui lui-même dépend de la nature des fonctions que la voie doit assurer et du niveau de satisfaction à atteindre :

*La nature des fonctions* concerne les usages liés à l'environnement de la voie :

- Dessertes des territoires avoisinants, dessertes agricoles, promenades, etc. ;
- Liaisons à courte distance (liaisons domicile/travail, liaisons ville/site touristique proche, etc.) ;
- Liaisons à moyenne ou grande distance (transports de marchandises et de voyageurs, migrations touristiques, etc.).

Les réponses à ces premiers points nous fixent sur la hiérarchisation de la liaison dans le réseau routier national.

*Le niveau de satisfaction* à atteindre dépend :

- Des fonctions prévisibles et les fonctions à privilégier du fait de choix politiques (aménagement du territoire, etc.) ;
- Du type d'environnement géographique que la route va traverser ;
- Des volumes de trafic à prévoir.

Les réponses à ces derniers points permettent de définir la catégorie et l'environnement de la liaison.

Le statut de la route est alors parfaitement défini : par sa **catégorie**, son **environnement** et sa **hiérarchisation** dans le réseau routier national.

### I.3.1. Catégorie de route

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes, pour chaque catégorie, visent à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer.

Les routes Algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés :

**Catégorie C1 :** Liaisons entre les grands centres économique, les centres d'industrie lourde et les liaisons assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation.

**Catégorie C2 :** Liaisons entre les centres d'industrie de transformation et les liaisons assurant le rabattement des pôles d'industries légères diversifiées sur le réseau précédent.

**Catégorie C3 :** Liaisons des chefs-lieux de daïra et de wilaya non desservis par le réseau précédent, avec le réseau des catégories 1 et 2.

**Catégorie C4 :** Liaisons des centres de vie avec le réseau des catégories 1 à 3.

**Catégorie C5 :** Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

### I.3.2. Environnement de route

Trois classes d'environnements (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le rapport B40 du ministère des travaux publics. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont : - La dénivelée cumulée moyenne ;  
- La sinuosité moyenne.

**a) La dénivelée cumulée moyenne :** La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, est la dénivelée cumulée totale. Le rapport de la dénivelée cumulée totale à la longueur de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

- $H/L \leq 1.5\%$   $\Rightarrow$  terrain plat ;
- $1.5\% < H/L \leq 4\%$   $\Rightarrow$  terrain vallonné ;
- $4\% < H/L$   $\Rightarrow$  terrain montagneux ;

**b) Sinuosité :** La sinuosité moyenne  $\sigma$  est égale au rapport de la longueur sinueuse  $L_S$  sur la longueur totale L de l'itinéraire  $\Rightarrow \sigma = \frac{L_S}{L}$

Où, L: longueur totale de l'itinéraire.

$L_S$  : longueur cumulée des courbes de rayon en plan  $\leq 200m$ .

Les trois types d'environnement  $E_i$  sont caractérisés par le croisement des deux paramètres précédents selon le tableau 1.1 ci-dessous :

**Tableau 1.1.** Environnement de la route

Sinuosité Relief	Faible $\sigma \leq 0,1$	Moyenne $0,1 < \sigma \leq 0,3$	Forte $0,3 < \sigma$
Plat ( $H/L \leq 1.5\%$ )	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	/
Vallonné ( $1.5\% < H/L \leq 4\%$ )	E <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Montagneux ( $4\% < H/L$ )	/	E <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>

### I.3.3. Hiérarchisation du réseau routier

La hiérarchisation d'un réseau routier est basée sur l'importance du trafic poids lourd et de l'intérêt socio-économique de la liaison. Ainsi, le Guide SETRA, a classé les routes en Voie Structurante (VS) et Voie Non Structurant (VNS). En Algérie (CTTP 2001), a opté pour deux types de réseaux désignés par Réseau Principal (RP) et Réseau Secondaire (RS) définis comme suit :

**Le réseau principal (RP) :** Il se compose des routes reliant :

- Les chefs lieux de wilayat ;
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers ;
- Les principales agglomérations et importantes zones industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- Réseau Principal de niveau 1 (RP1) ;
- Réseau Principal de niveau 2 (RP2).

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

### I.3.4. Vitesse de référence (de base)

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

## I.4. PARAMETRES FONDAMENTAUX

Les paramètres fondamentaux sont des données liées au comportement de l'utilisateur, à la géométrie des véhicules et à la dynamique des véhicules à prendre en compte dans l'établissement des caractéristiques de la route projetée. Parmi ces paramètres on peut citer ;

**La hauteur de l'œil et de l'obstacle :** Ce sont des paramètres intervenant dans les calculs de distance de visibilité en point haut et bas, elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

**Tableau 1.2. Hauteur de l'œil**

Hauteur de l'œil ( $h_0$ )	Hauteur de l'obstacle éventuel ( $h_1$ )	Hauteur de l'obstacle permanent ( $h_2$ )
1,1 m	0,15 m	0,20 m

**Le temps de perception-réaction :** C'est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement ou un arrêt.

- $t_1 = 1.8s$  pour  $V > 80km/h$ .
- $t_1 = 2s$  pour  $V < 80km/h$ .

**Le coefficient de frottement longitudinal  $f_l$** : Ce coefficient varie avec la vitesse. Il est caractérisé le frottement pneu-chaussée. Il intervient dans la détermination des distances théoriques de freinage.

$f_l$  : fonction de la vitesse de base et de la catégorie de la route.

**Le coefficient de frottement transversal  $f_t$** : frottement entre pneu et chaussée lorsqu'un véhicule circule dans un virage. Ce coefficient dépend de la vitesse de base et de la catégorie de la route.

**Les devers** : la valeur du dévers appliquée pour un projet, dépend de la catégorie de la liaison et des rayons en plan. Ils sont fixés en fonction :

- Des conditions climatiques de la zone d'étude ;
- Des conditions topographiques (terrain plat ou montagneux) ;
- Route urbaine ou rurale.

## I.5. APPLICATION À NOTRE LIAISON

### I.5.1. Statut de la route

La liaison à étudier est un tronçon de route de

- **Catégorie** : c'est une liaison qui fait partie d'une la voie structurante (rocade Sud d'Alger) d'où la Catégorie 1
- **Environnement** : la sinuosité et le relief du couloir réservé à la liaison offre un environnement de classe moyenne. Environnement 2
- **Réseau** : au vu de la classe du trafic (voir trafic dans le chapitre dimensionnement), la liaison est classée en réseau Principal de Niveau 1 ou 2. Comme la catégorie retenue est la une, alors on a opté pour le niveau 1.
- **Vitesse de référence** est de 40 Km/h. Cette vitesse semble trop faible par rapport au statut de la liaison. Cette valeur a été retenue car elle traverse une zone urbaine.

### I.5.2. Valeurs des paramètres fondamentaux

Les valeurs des paramètres fondamentaux sont fixées en fonction du statut de la liaison ; d'où les valeurs du tableau 1.3 extraites des normes B40.

**Tableau 1.3.** Paramètres fondamentaux du projet

Paramètres fondamentaux	symbole	valeur
Devers minimal	$d_{\min}$	2.5%
Devers maximal	$d_{\max}$	7%
Pente maximale	$I_{\max}$	8%
Pente minimale	$I_{\min}$	0.5%
Temps de perception réaction	$t_l$	2 s
Frottement longitudinal	$f_l$	0.45
Frottement transversal	$f_t$	0.20

## I.6. CONCLUSION

À ce stade (phase APD) tous les paramètres fondamentaux du projet peuvent être choisis et fixés. Les valeurs des caractéristiques extrêmes du projet (rayons en plan, longueur minimale et longueur maximale des alignements droits, longueur des courbes de raccordement, rayons en profil en long, distances d'arrêts, distances de visibilité..) sont alors déterminées en fonction des paramètres fondamentaux et de la vitesse de référence. Ces paramètres seront définis dans les chapitres ultérieurs.

Mais, il nous semble pertinent de commencer, après avoir identifié notre liaison, et avant de calculer les caractéristiques liées à son tracé géométrique, de consacrer un chapitre au trafic et à la détermination de la capacité et du nombre de voies notre route.

## **CHAPITRE II**

### **TRAFIC ET CAPACITE**

- Le trafic
- Capacité d'une liaison
- Application au projet
- Conclusion

## II.1. LE TRAFIC

Les études de trafic constituent l'élément de base dans la conception et le dimensionnement du réseau routier. Le trafic joue un rôle primordial dans la conception de la route. Il intervient à plusieurs niveaux :

1. Dans la classification et la hiérarchisation de la liaison dans le réseau routier national ;
2. Dans le calcul du nombre de voies de la liaison (largeur de la chaussée) ;
3. Dans la conception de la chaussée (type de chaussée) ;
4. Dans la détermination de l'épaisseur des couches de chaussée.

### II.1.1. Objectifs des études de trafic

Des études sont donc nécessaires pour évaluer les différents paramètres de trafic (intensité, composition, évolution dans le temps, répartition du trafic sur les voies..) afin de se rapprocher au mieux de la réalité lors de la conception d'un projet routier.

Ces études portent sur :

- La détermination des valeurs actuelles du trafic dans la zone d'influence ;
- L'analyse des origines, des destinations et des motifs de déplacements ;
- La détermination de la répartition du trafic par catégorie de véhicules.

L'utilité de l'exploitation des renseignements statistiques est multiple :

**Sur le plan de l'économie générale :** Pour l'élaboration des plans économiques, financiers et fiscaux, il est indispensable de connaître la consistance du parc des véhicules, la consommation en carburant, les tonnages globaux transportés par la route.

**Sur le plan de la construction routière :** L'étude de la circulation sur les diverses artères du réseau est nécessaire pour élaborer les plans d'aménagements ou de transformation de l'infrastructure, déterminer les dimensions à donner aux routes et apprécier l'utilité des travaux projetés.

**Sur le plan circulation routière proprement :** la connaissance des circulations est nécessaire pour l'élaboration des mesures de police, d'exploitation...

### II.1.2. Les enquêtes

Se rapprocher au maximum de la situation actuelle revient à étudier les données du trafic les plus récentes. L'étude peut être complétée par les enquêtes suivantes:

#### a) Enquêtes de trafic

**Un comptage automatique des véhicules :** Cette opération consiste à recenser le flux du trafic au moyen d'un compteur automatique dans les différents postes de comptages pendant au moins une semaine entière. Ce comptage permet la détermination des fluctuations journalières du trafic et la part du trafic nocturne.

**Un comptage exhaustif des véhicules :** Cette opération consiste à compter manuellement les véhicules qui passent par les différents postes de comptages tout en classant le trafic par heure, par sens et par type de véhicule (Voitures particulières, camions lourds et articulés, Taxis et louages ...).



**Une enquête Origine-Destination** : Cette opération consiste à interroger un échantillon représentatif des occupants des différents types de véhicules à propos de l'origine, la destination et le motif de leurs déplacements, leurs professions, leurs revenus.

**Comptages périodiques** : Le réseau routier est divisé en sections de 8 à 15 Km de long, homogènes de point de vue des caractéristiques géométriques, du trafic et de la densité démographique des abords. Ces types de comptages sont généralement réalisés une fois tous les cinq ans et font l'objet d'une publication. Ils sont menés par des agents recenseurs qui peuvent déterminer les véhicules par catégories

**Comptages continus** : Outre les comptages périodiques à grande échelle, il est intéressant d'effectuer des comptages sur un itinéraire devant faire l'objet d'un aménagement (Construction d'une déviation, renforcement, entretien..). Ces comptages sont d'intérêt important du fait qu'ils remplacent un contrôle manuel fastidieux et sont de faible coût. L'erreur relative est de l'ordre de 10 à 20% selon le moyen utilisé. En effet ces appareils automatiques sont distingués en plusieurs types suivant leurs modes de fonctionnement:

- Compteurs pneumatiques : C'est un tube en caoutchouc spécial très souple à tension réglable, de 12 à 18 mm de diamètre extérieur et de 6 mm de diamètre intérieur. Ce tube est tendu en travers de la chaussée dont l'une de ses extrémités est munie d'un about spécial et l'autre est reliée à la machine.

- Détecteur capacitif : Il est constitué de deux fils transversaux parallèles espacés de 4 cm et noyés dans la chaussée; Le premier est lié à un émetteur tandis que l'autre est branché sur un récepteur détectant le passage d'un pneu.

- Détecteur radar : Son fonctionnement est basé sur la différence de fréquence entre une onde émise et celle réfléchiée par le véhicule (mesure de vitesse).

- Détecteur magnétique : Il est formé d'une boucle à une ou plusieurs spires (3m x 1.2 m) enterrée dans la chaussée. Suite au passage d'un véhicule, l'inductance du circuit est modifiée et enregistrée dans un oscillateur L'enregistrement des impulsions (qu'elles proviennent de tubes ou de boucles) peut être fait sur des mini cassettes ou sur des compteurs à mémoire statique qui sont relevés à intervalles réguliers par un opérateur ou automatiquement sur un circuit téléphonique.

## b) Enquêtes de circulation

Pour la résolution des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routière, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné d'une route. A cet effet, des enquêtes sont menées pour connaître les différents courants de circulation et la plupart des destinations. Ces enquêtes sont sous quatre formes :

**Enquêtes sur route** : Il s'agit de commencer par isoler le trafic dans la zone concernée et installer des stations d'enquêtes pour interroger un certain pourcentage de conducteurs. Ces enquêtes sur route rendent nécessaire l'aménagement d'aires de stationnement pour les véhicules questionnés. Le moment opportun de l'enquête doit être représentatif de la circulation moyenne ou de la circulation dominante, suivant le problème posé. Le nombre total N de véhicules à soumettre à l'enquête dépend de la précision que l'on veut obtenir (pour une précision de 40 v/j sur 5000, faut environ 500 véhicules enquêtés).

**Enquêtes simplifiées** : Elles sont utilisées pour avoir une idée approximative de l'importance de certains courants de circulation. Il s'agit de repérer les numéros d'immatriculations des véhicules aux entrées et sorties du cordon. Un recours à l'utilisation des papillons ou des cartes peut également être envisagé:

- Pour les enquêtes par papillons, les véhicules sont arrêtés à l'entrée de la zone. Un papillon est apposé sur le pare-brise. Dans le sens de la sortie on compte, sans pratiquement arrêter les véhicules, les papillons de diverses origines.

- Pour les enquêtes par cartes, des cartes distinctes sont distribuées aux usagers à chaque entrée. Les cartes sont récupérées à la sortie. Cette enquête peut renseigner sur l'heure d'entrée et l'heure de sortie d'un véhicule et fournit diverses autres indications. L'inconvénient de cette méthode réside au fait d'arrêter deux fois les véhicules.

**Enquêtes à domicile :** L'enquête ménage, l'enquête Origine-Destination et les sondages effectués dans les carrefours de la zone considérée servent à avoir une idée précise sur les caractéristiques des différents mouvements. Ces informations sont à comparer avec celles tirées des données statistiques sur les origines et les destinations les plus fréquentes des véhicules. Sur une carte seront reportées les lignes désirs qui représentent les courants virtuels les plus importants ainsi que les demandes d'emplacements pour stationnement.

**Enquêtes de stationnement :** Elles représentent un type particulier d'enquête qui se réalise en site urbain. En effet, le stationnement est un consommateur important d'espace et il appartient de bien appréhender le phénomène pour pouvoir y apporter des solutions efficaces. Le stationnement peut être distingué en 4 formes:

- Stationnement des riverains ;
- Stationnement de longue durée des pendulaires ;
- Stationnement de courte durée ;
- Stationnement pour livraison.

L'enquête de stationnement est manuelle. Chaque enquêteur dispose d'un plan des stationnements d'une zone déterminée, avec places de parking numérotées. Il doit effectuer, à période fixe (1/2 heure), le pointage des véhicules stationnés, en repérant généralement le numéro d'immatriculation. Cet enregistrement permet de déterminer le taux d'occupation des places, le délai de rotation et la durée moyenne de stationnement.

### c) Mesures de poids

Le contrôle du poids des véhicules est indispensable non seulement pour l'analyse statistique et les prévisions de trafic, mais surtout pour limiter les surcharges d'essieux qui sont extrêmement dommageables pour les chaussées. L'agressivité des véhicules lourds croît très vite en fonction du poids des essieux. Or, les compagnies de contrôle mettent en évidence des proportions de véhicules en surcharge atteignant 20 %. Tout véhicule en surcharge de plus de 5 % doit être immobilisé.

Sont employés pour ces contrôles :

- Des matériels mobiles, bascules mécaniques, mesurant par un système de levier les déformations d'un ressort ;
- Des matériels dits « semi-fixes » déterminant le poids d'une roue, au moyen de quatre jauges de contraintes branchées sur un pont de Wheatstone ;
- Des ponts bascules classiques, présentant l'inconvénient de donner le poids total du véhicule et non pas la charge par essieu.

Il existe également des dispositifs équipés de façon à déterminer la vitesse, l'écartement des essieux et le poids de chaque essieu.

### II.1.3. Explication des résultats pour le calcul de capacité

Ainsi des paramètres sont dégagés après les études de trafic. Parmi ces paramètres, on citera ceux qui permettent, de calculer le nombre de voies de la future route et donc de sa capacité. A savoir :

**L'intensité du trafic** : nombre de véhicules (toutes catégories confondues) qui passent par une section la route juste après l'enquête. Ce paramètre est appelé Trafic Journalier Moyen Annuel (**TJMA**).

**Sa composition** : pourcentage de véhicules lourds (**z**) et éventuellement pourcentage de véhicules de chaque catégorie.

**Son taux de croissance annuel** (**i** prévisionnel).

A partir de ces données :

1. On fait une projection (**TJMA**) à l'horizon H (correspondant généralement à la durée de vie de la chaussée).
2. On convertit le trafic obtenu à l'horizon voulu, en *trafic effectif* pour tenir compte de l'encombrement supplémentaire dû au trafic poids lourds. Le trafic sera alors exprimé en Unité de Véhicule Particulier (**UVP**)
3. On calcule les différents débits nécessaires à la détermination de la capacité de la liaison.

## II.2. CAPACITÉ D'UNE LIAISON

### II.2.1. Définitions

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

La largeur des voies de circulation dépend du type de la route : 3,50 m sur autoroute et de 2,50 m à 3,50 m sur les autres routes. Elle est bordée par des accotements et des bandes d'arrêt d'urgence dont la largeur est comprise entre 2 et 3 mètres. Elle peut aussi inclure des voies spécialisées comme des pistes cyclables, des voies de bus, etc.

### II.2.2. Calcul de la capacité

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

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

Où,  $T_0$  : Le trafic à l'année zéro.

$\tau$  : Le taux d'accroissement annuel du trafic.

$T_n$  : Le trafic à l'année horizon (en général 10 ans après la mise en service).

**Le trafic effectif :** D'une manière générale, pour tenir compte de l'effet d'impact des poids lourds, on converti le trafic le TJMAH en trafic effectif selon la formule suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + (P \times Z)] \times T_n$$

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Le tableau 2.1 si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

**Tableau 2.1. Coefficient d'équivalence « P »**

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

**Le débit de pointe horaire normale ou  $Q_{prév}$  (débit prévisible) :** Ce débit est généralement pris égal à une fraction du trafic effectif  $T_{eff}$  exprimé à l'horizon de fin de vie de la chaussée (généralement 12% du  $T_{eff}$  pendant l'heure de pointe).

$$Q_{prév} = 0.12 \times T_{eff} \text{ (en uvp/h)}$$

**Le débit admissible  $Q_{adm}$  :** Le débit admissible est relié à la capacité théorique de la route  $C_{th}$  par un coefficient ( $K_1$ ) qui est fonction de l'environnement et ( $K_2$ ) fonction de l'environnement et de la catégorie de la liaison. Cette valeur seuil, à partir de laquelle il convient d'envisager un élargissement de la chaussée est un paramètre caractérisant le niveau de service.

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

**Tableau 2.2. Valeurs de  $K_1$**

Environnement	E1	E2	E3
$K_1$	0.75	0.85	0.9 à 0.95

**Tableau 2.3. Valeurs de  $K_2$**

Catégorie Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
	E1	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

$Q_{prév} < Q_{adm} \Rightarrow Q_{prév} < K_1 \times K_2 \times C_{th}$  d'où

$$C_{th} > Q_{prév} / K_1 \times K_2$$

D'après la valeur trouvée par la formule précédente, et le tableau 2.4 (donné par les normes B40) on détermine le nombre voies de la route.

**Tableau 2.4.** Capacité théorique  $C_{th}$

Type de route	Capacité théorique (en uvp/h)
Route à 2 voies de 3.50 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.50 m	2400 à 3200
Route à chaussée séparées	1500 à 1800

### II.3. APPLICATION AU PROJET

#### Les données

- Route de catégorie (C1) ; d'environnement (E2) ;  $V_r = 40$  km/h.
- Trafic à l'année 2008,  $T_{JMA_{2008}} = 2000$  V/j.
- Pourcentage de poids lourd : 20%
- Taux d'accroissement annuel du trafic :  $\tau = 4\%$
- Année de comptage : 2007
- Année de mise en service : 2009
- Durée de vie de la route : 20 ans.

#### Les calculs

- L'intensité du trafic le jour de la mise en service :

$$T_{2009} = 2000 \times (1+0.04)^1 = 2080 \text{ V/J}$$

- L'intensité du trafic à l'Horizon 2029

$$T_{2029} = 2080 \times (1+0.04)^{20} = 4558 \text{ V/J}$$

- Le trafic effectif

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.2) + 6 \times 0.2] \times 4558 = 9116 \text{ uvp/j}$$

- Le débit de point horaire normal

$$Q_{\text{prév}} = 0.12 \times 9116 = 1094 \text{ uvp/h}$$

- Le débit admissible

$$Q_{\text{adm}} = 0.85 \times 0.99 \times C_{th} \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{prév}} < Q_{\text{adm}} \quad \text{D'où} \quad \left\{ \begin{array}{l} C_{th} > 1094 / (0.85 \times 0.99) \\ C_{th} > 1300 \text{ uvp/h} \end{array} \right.$$

Les calculs sont représentés dans le tableau 2.5 suivant :

**Tableau 2.5. Résultats de calcul**

TJMA <sub>2008</sub> (v/j)	TJMA <sub>2009</sub> (v/j)	TJMA <sub>2029</sub> (v/j)	T <sub>eff 2029</sub> (uvp/j)	Q <sub>prév</sub> (uvp/j)	C <sub>th</sub> (uvp/j)
2000	2080	4558	9116	1094	>1300

## II.4. CONCLUSION

D'après le tableau 1.4 on optera pour une chaussée bidirectionnelle : Route à 2 voies de 3.50 m chacune et 0.5m d'accotement.

Les détails de ce profil sont donnés dans le chapitre qui est consacré au profil en travers. (Chapitre III, paragraphe III.3).

# **CHAPITRE III**

## **ETUDE GEOMETRIQUE**

---

- Introduction
- Le tracé en plan
- Le profil en long
- Profil en travers
- Cubatures des terrassements
- Conclusion

### III.1. INTRODUCTION

La façon, pour un ingénieur, d'élaborer la surface gauche de l'espace que constitue la route, consiste à étudier et concevoir les trois éléments géométriques simples qui la définissent, le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

### III.2. LE TRACÉ EN PLAN

#### III.2.1. Définition

Le tracé en plan est la projection de la route sur un plan horizontale. En générale, il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes.

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaire de la route, et ces caractéristiques doivent assurer les conditions de confort et de stabilité pour les usagers de la route.

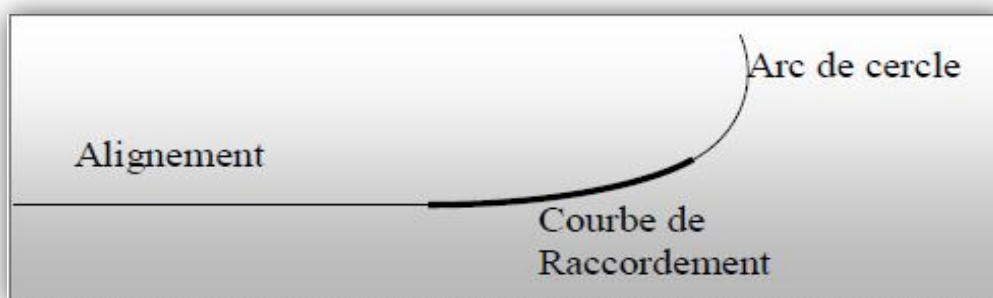
#### III.2.2. Les règles à respecter pour le tracé en plan

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont données dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant ;
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- Eviter au maximum les propriétés privées ;
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques ;
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

#### III.2.3. Les éléments de tracé en plan

- Le tracé en plan comporte :
- a) Des alignements droits ;
  - b) Des arcs de cercle ;
  - c) Des courbes de raccordement.



**Figure 3.1.** Les éléments du tracé en plan



### a) Les alignements

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

- Eblouissement causé par les phares ;
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents ou des malaises chez le conducteur ;
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés ;
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

La longueur des alignements dépend de la vitesse de référence ( $V_r$ ) et des sinuosités qui précèdent et suit l'alignement. Cependant une minimal est nécessaire entre deux virages successifs : les normes donnent les recommandations suivantes :

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

$$L_{min} = T \times V_r = T \times V_r \left(\frac{km}{h}\right) / 3.6$$

- { T = 3 s entre deux courbes de sens différent.
- { T = 5 s entre deux courbes de même sens.

*Remarque* : La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée quelques fois en raison de la nature difficile du terrain naturel.

**Longueur maximale** : Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant (01) minute à la vitesse  $V$  (m/s).

$$L_{max} = 60 \times V_r = 60 \times V_r \left(\frac{km}{h}\right) / 3.6$$

### b) Les arcs de cercle

Les éléments qui interviennent pour la limitation de la courbe sont :

- La stabilité des véhicules en courbe ;
- La visibilité dans les tranchées en courbe ;
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faibles rayons.

**La stabilité en courbe** : En négociant un virage, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge, c'est la raison pour laquelle on incline la chaussée vers l'intérieur du virage (pour éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

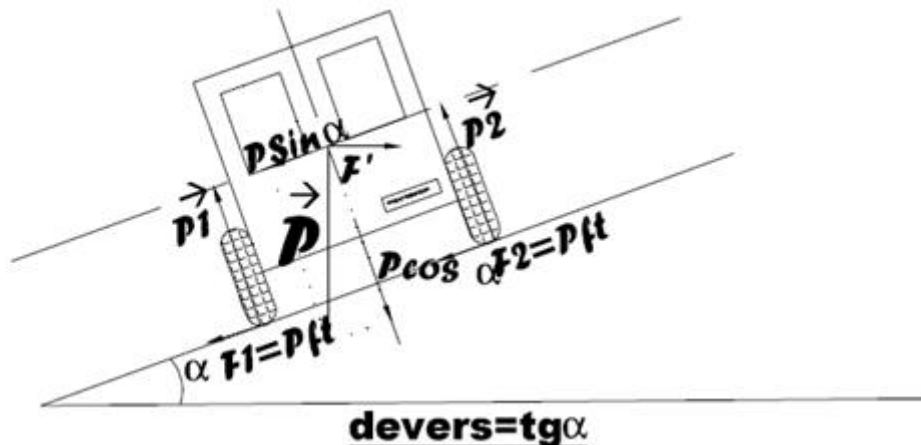


Figure 3.2. Les forces agissant sur un véhicule dans un virage

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

$$R \geq \frac{v^2}{130(f_t + d)} \quad \text{Pour } g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$R_{min} = \frac{v_r^2}{127(f_t + d)} \quad \text{Pour } g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

**NB :** d ne doit pas être trop grand (risque de glissement par temps pluvieux ou par verglas), ni trop petit pour assurer un bon écoulement des eaux.

C'est ceux qui nous conduisent à la série de couples (R, d).

Au dévers maximum correspond le rayon minimum absolu R<sub>Hm</sub> avec :

$$d_{max} = \begin{cases} 7\% & \text{pour les catégories 1-2} \\ 8\% & \text{pour les catégories 3-4} \\ 9\% & \text{pour la catégorie 5.} \end{cases}$$

#### - Rayon horizontal minimal absolu (RHM)

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

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

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

#### - Rayon minimal normal (RHN)

Ce rayon est par définition égal au rayon minimal absolu calculé pour  $V_r + 20$  Km/h. Le virage est cependant est réalisé avec un dévers égal à  $(d_{max} - 2\%)$ . Ce qui permet au conducteur de rouler à une vitesse supérieure à  $V_r$  sans pour autant atteindre  $V_r + 20$  Km/h.

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

Dévers associé :  $(d_{max} = 2\%)$ .

**- Rayon au dévers minimal (RHd)**

Au-delà du RHd les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage de sorte que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V_r$  serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé :  $d_{\min} = 2,5\%$  en catégorie 1 – 2  
 $d_{\min} = 3\%$  en catégorie 3 – 4 – 5

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

**- Rayon minimal non déversé (RHnd)**

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} \quad \text{Pour les catégories 1 – 2}$$

Pour notre projet situé dans un environnement (E2), et classé en catégorie (C1) avec une vitesse de base de 40km/h, le règlement B40 préconise les rayons suivants :

**Tableau 3.1.** Rayons normalisés avec dévers associé

Eléments géométriques	Symbole	Unité	Valeur
Vitesse de référence	$V_r$	Km/h	40
Dévers maximal	$d_{\max}$	%	7
Rayon horizontal minimal	RHm (7%)	m	50
Rayon minimal normal	RHN (5%)	m	125
Rayon au dévers minimal	RHd (2,5%)	m	250
Rayon minimal non déversé	RHnd (-2,5%)	m	350

**☞ Règles pour l'utilisation des rayons en plan**

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

Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en  $1/R$  arrondi à 0,5% près.

- Si  $RHm < R < RHN$  :

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

- Si  $RHN < R < RHd$  :

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

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

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

**Remarques :** Il est recommandé de choisir les plus grands rayons possibles ;  
 Tout rayon choisi doit être au moins égale au rayon minimum préconisé.

**c) Les courbes de raccordement**

Entre l'alignement droit et l'arc de cercle, un tracé de route rationnel comporte donc un tronçon de raccordement à courbure progressive, passant de la courbure 0 ( $R = \infty$ ) à l'extrémité de l'alignement jusqu'à la courbure  $1/R$  au début du cercle du virage.

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

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

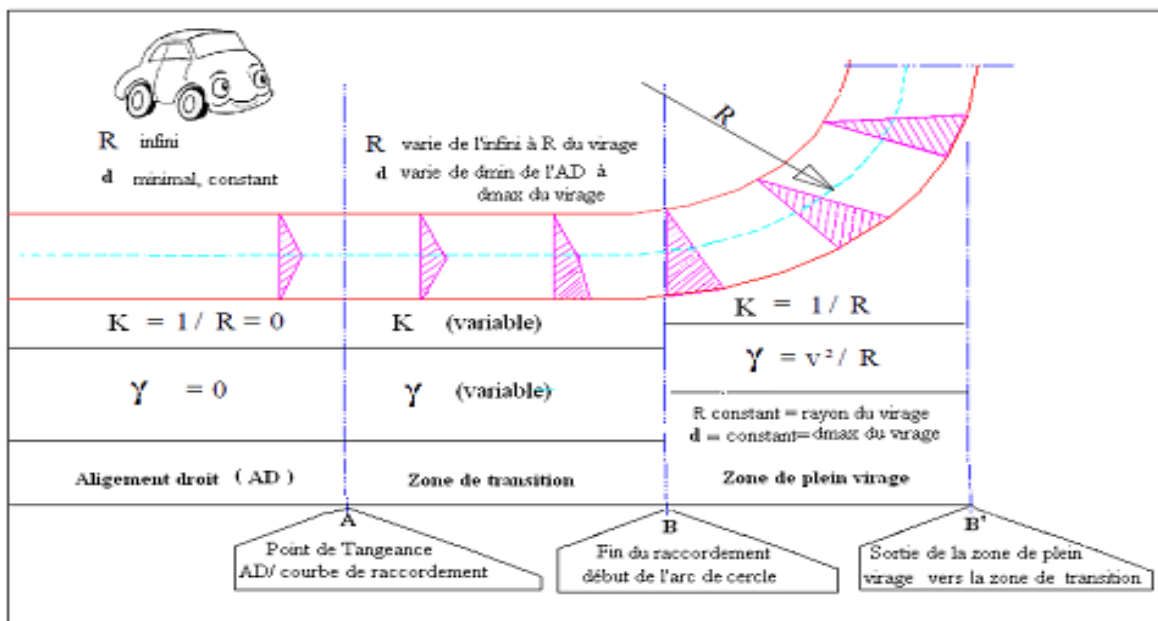


Figure 3.3. Les différentes sections d'un virage

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

- *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).
- *Lemniscate* : 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.
- *Clothoïde* : Parmi les courbes susceptibles de satisfaire à la condition de variation continue du rayon de courbure, c'est la *clothoïde* qui a été retenue en matière de tracé routier. Cette courbe est une spirale dont le produit, en chaque point du rayon de courbure par la longueur de l'axe, a une valeur constante égale à  $A^2$ . L'équation paramétrique de cette courbe est donc :

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

La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers. C'est la courbe la plus utilisée dans le tracé routier.

- *Eléments de la Clothoïde*

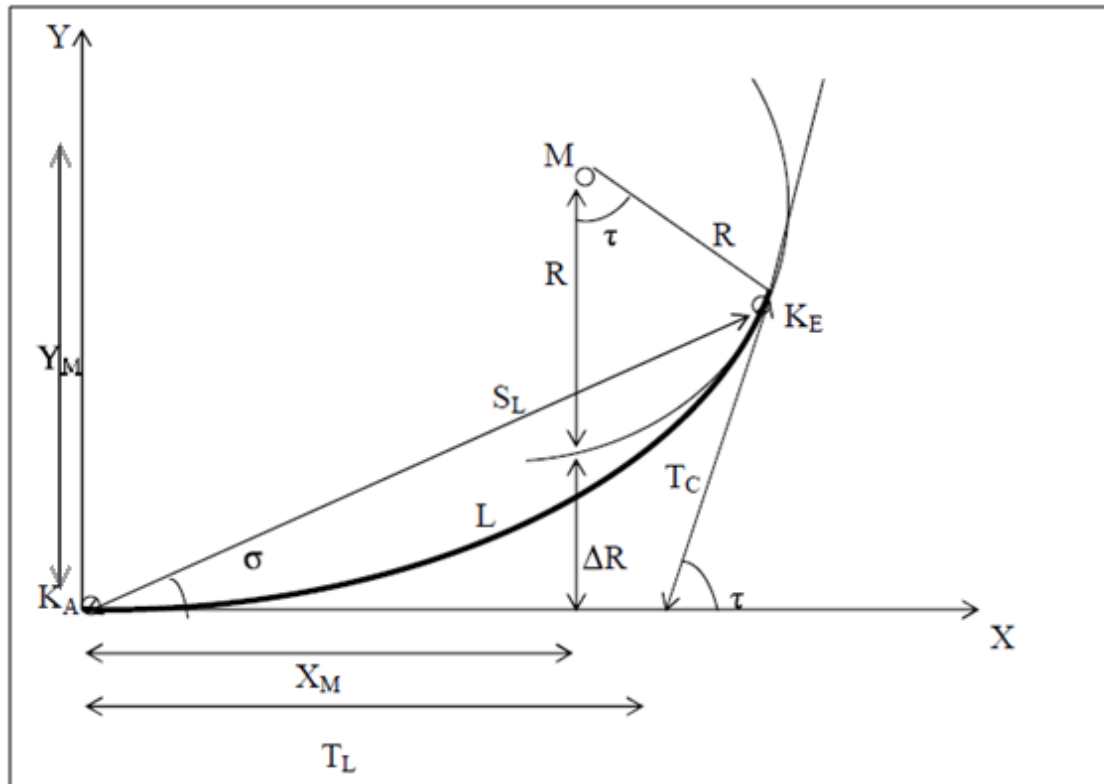


Figure 3.4. *Eléments de la clothoïde*

- |  |  |
|--|--|
| R : rayon du cercle.                                       | $T_L$ : tangente longue                                    |
| L : longueur de la branche de clothoïde.                   | $\sigma$ : angle polaire.                                  |
| A : paramètre de la clothoïde.                             | $S_L$ : corde KE -KA.                                      |
| $K_A$ : origine de la clothoïde.                           | M : centre du cercle d'abscisse $X_m$ .                    |
| $Y_m$ : ordonnée du centre du cercle M a partir de $K_A$ . | $X_m$ : abscisse du centre du cercle M a partir de $K_A$ . |
| $K_E$ : extrémité de la clothoïde.                         | $\Delta R$ : ripage  |
| $\tau$ : angle des tangentes.                              | $T_L$ : tangente longue                                    |
| $T_C$ : tangente courte.                                   | $\sigma$ : angle polaire.                                  |

- *Les conditions de raccordement*

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

- *Condition de confort optique* : C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. L'orientation de la tangente doit être supérieure à  $3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

Règle générale (B40) :

$$\tau \geq 3^\circ \Rightarrow \tau \geq \frac{1}{18 \text{ rad}} \Rightarrow \frac{L}{2 \times R} \geq \frac{1}{18} \Rightarrow \frac{A^2}{2 \times R^2} \geq \frac{1}{18}$$

D'où :  $\frac{R}{3} \leq A \leq R$

Dans les mêmes conditions le ripage du cercle raccordé R, est défini comme suit :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{L}{216} = \frac{R}{1944}$$

Avec :

$$R \leq 1500\text{m} \Rightarrow \Delta R = 1\text{m (éventuellement 0,5 m)} \Rightarrow L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

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

$$R > 5000\text{m} \Rightarrow \Delta R = 2,5\text{m} \Rightarrow L = 7,75 \times \sqrt{R}$$

- *Condition de confort dynamique* : Cette condition consiste à limiter le temps de parcours ( $\Delta t$ ) d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale du véhicule.

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

Où,  $V_r$  : vitesse de référence en (Km /h).

$R$  : rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers.

- *Condition de gauchissement* : Cette condition à pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans le rapport à son axe.

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

Où,  $L$  : Longueur de raccordement.

$l$  : Largeur de la chaussée.

$\Delta d$  : Variation de dévers.

### III.2.4. Combinaison des éléments du tracé en plan

La combinaison des éléments de 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. Elle est fréquemment utilisée.

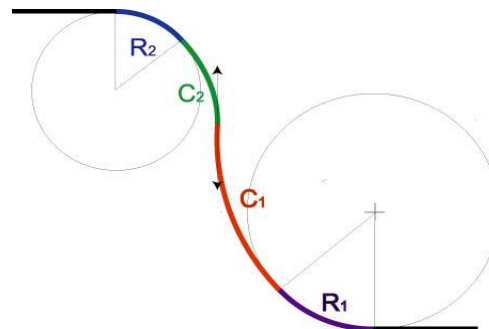


Figure 3.5. Courbe en S

#### b) Courbe à sommet

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

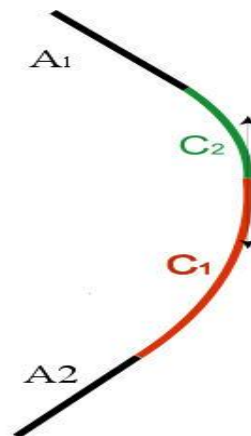
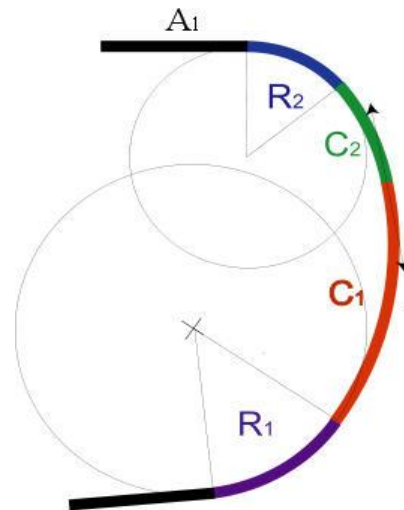


Figure 3.6. Courbe à sommet

**c) Courbe en C**

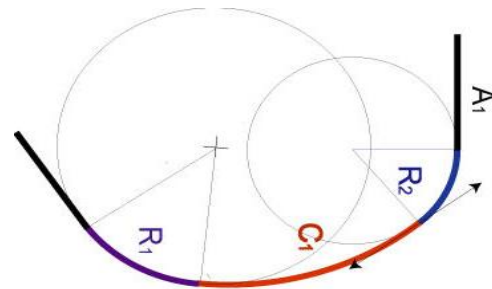
Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.



**Figure 3.7.** Courbe en C

**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.



**Figure 3.8.** Courbe en Ove

### III.2.5. Application au projet

Pour réaliser l'axe en plan du tracé sur le logiciel PISTE il faut passer tout d'abord par l'AUTOCAD, et cela suivant les étapes suivantes :

- à partir du plan du site (contenant le nuage de points "points topographiques"), on fixe le point de départ qui correspond au début du projet.
- l'axe de la route qui est réalisé avec l'AUTOCAD contient deux éléments:
  - ✓ La ligne brisée;
  - ✓ Les rayons des virages.
- on relève les coordonnées des points particuliers du tracé (point de départ, point de la fin de projet, sommets des virages et les rayons).

Après avoir terminé ces étapes, on introduit ces données dans le logiciel PISTE (voir annexe A).

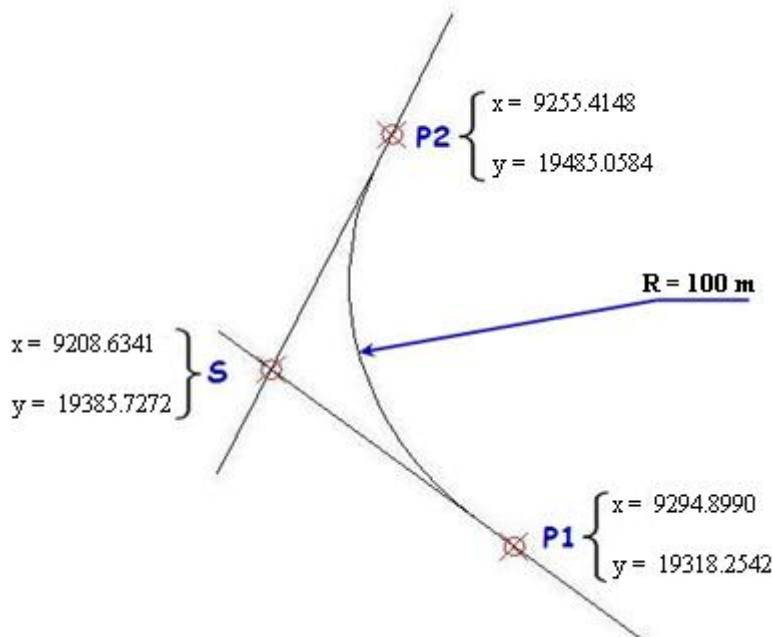
### a) Calcul d'axe

Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin. On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît les coordonnées; il suit les étapes suivantes :

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

**Exemple de calcul :** Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'un virage (caractéristiques de la courbe de raccordement) de notre axe. Le virage que l'on a choisie se situe au début de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont illustrés dans la figure 3.9.



**Figure 3.9.** Raccordement avec clothoïde

**P1** (x=9294.8990, y=19318.2542)

**S** (x=9208.6341, y=19385.7272)

**P2** (x=9255.4148, y=19485.0584)

Rayon **R** = 100 m < **RH<sub>nd</sub>** (Raccordement avec Clothoïde).



**b) Caractéristiques de la courbe de raccordement**

- Condition de confort optique

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

On prend  $\Delta R = 0.5m$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 100 \times 0.5} = 34,64 \text{ m} \dots\dots\dots 1$$

- Condition de confort dynamique

$$\Delta d = d - (-2.5) = 5.33 - (-2.5) = 7.83 \%$$

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \left( \frac{V_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \Leftrightarrow L \geq \frac{40^2}{18} \left( \frac{40^2}{127 \times 100} - 0,0783 \right) = 4,24 \text{ m} \dots\dots\dots 2$$

- Condition de gauchissement

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r \Leftrightarrow L \geq 7 \times 0,0783 \times 40 = 22 \text{ m} \dots\dots\dots 3$$

De 1, 2 et 3 on aura:  $L \geq 34,64 \text{ m}$ .

**Calcul du paramètre A**

On sait que :  $A^2 = L \times R$

$$\Rightarrow A = 58,86 \text{ m}$$

On prend  $A = 59 \text{ m}$  donc  $L = 34,81 \text{ m}$

La condition de confort optique est vérifiée ( $R/3 \leq A \leq R \Leftrightarrow 33.33 \leq A \leq 100$ )

-- Calcul de  $\Delta R$ :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{34.81^2}{24 \times 100} = 0.505 \text{ m}$$

**Calcul des gisements**

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

$$P1-S \begin{cases} |\Delta X| = |X_S - X_{P1}| = 86.2649 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_S - Y_{P1}| = 67.4730 \text{ m} \end{cases}$$

$$S-P2 \begin{cases} |\Delta X_1| = |X_{P2} - X_S| = 46.7807 \text{ m} \\ |\Delta Y_1| = |Y_{P2} - Y_S| = 99.3312 \text{ m} \end{cases}$$

$$D'où : \begin{cases} G_{P1}^S = 100 + \arctg \left( \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right| \right) = 142.257 \text{ grades} \\ G_S^{P2} = 200 + \arctg \left( \left| \frac{\Delta X_1}{\Delta Y_1} \right| \right) = 228.020 \text{ grades} \end{cases}$$

**Calcul de l'angle  $\gamma$**

$$\gamma = |G_{P_1}^S - G_S^{P_2}| = 85.763 \text{ grades}$$

**Calcul de l'angle de braquage ( $\tau$ )**

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{34.81 \times 200}{2 \times 100 \times 3.14} = 11.08 \text{ grades}$$

$$\Rightarrow \tau = 11.08 \text{ grades} = 0.17 \text{ rad}$$

**Condition optique**

$$\tau > \frac{1}{18} \text{ rad} \Rightarrow \tau = 0.17 \text{ rad} > 0.056 \text{ rad}$$

$\Rightarrow$  Condition vérifiée

**Vérification de non chevauchement**

$$\left. \begin{array}{l} \tau = 11.08 \text{ grades} \\ \gamma/2 = 42.882 \text{ grades} \end{array} \right\} \Rightarrow \tau < \gamma/2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

**Calcul des distances**

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{P_1 S} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = 109.5182 \\ \overline{S P_2} = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} = 109.7958 \end{array} \right.$$

**Calcul de l'abscisse du centre du cercle**

$$X_m = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{L}{2} = 17.405 \text{ m}$$

**Abscisse de KE**

$$X = L \times \left(1 - \frac{L^2}{40 \times R^2}\right) = 34.705 \text{ m}$$

**Origine de KE**

$$Y = \frac{L^2}{6 \times R} = 2.019 \text{ m}$$

**Calcul de la tangente**

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

$$T = 17.405 + (100 + 0.505) \times \tan\left(\frac{85.763}{2}\right) \Rightarrow T = 97.618 \text{ m}$$

**Calcul des coordonnées  $S_L$** 

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

On a :

$$X = 34.705 \text{ m}, Y = 2.019 \text{ m}$$

D'où :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \Rightarrow S_L = 34.764 \text{ m}$$

**Calcul de  $\sigma$** 

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) = \arctg\left(\frac{2.019}{34.705}\right) = 3.699 \text{ grades} \Rightarrow \sigma = 3.699 \text{ grades}$$

**Calcul de l'arc de cercle**

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 85.763 - 2 \times 11.08 = 63.603 \text{ grades}$$

$$b = \widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{\pi \times R \times \alpha}{200}$$

$$b = \frac{3.14 \times 100 \times (63.603)}{200} = 99.86 \text{ m} \Rightarrow b = 99.86 \text{ m}$$

**Calcul des coordonnées des points singuliers**

$$K_{A1} \begin{cases} X_{K_{A1}} = X_{P1} - (\overline{P1S} - T) \times \sin(G_{P1}^S) \\ Y_{K_{A1}} = Y_{P1} - (\overline{P1S} - T) \times \cos(G_{P1}^S) \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{K_{A1}} = 9294.8990 - (109.5182 - 97.618) \times \sin(142.257) = 9285.525 \text{ m} \\ Y_{K_{A1}} = 19318.2542 - (109.5182 - 97.618) \times \cos(142.257) = 19325.585 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{K_{E1}} = X_{K_{A1}} - S_L \times \sin(G_{P1}^S + \sigma) \\ Y_{K_{E1}} = Y_{K_{A1}} - S_L \times \cos(G_{P1}^S + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{K_{E1}} = 9285.525 - 34.764 \times \sin(142.257 + 3.699) = 9259.432 \text{ m} \\ Y_{K_{E1}} = 19325.585 - 34.764 \times \cos(142.257 + 3.699) = 19348.557 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{K_{A2}} = X_S + (T) \times \sin(G_S^{P2} - 200) \\ Y_{K_{A2}} = Y_S + (T) \times \cos(G_S^{P2} - 200) \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{K_{A2}} = 9208.6341 + (97.618) \times \sin(228.020 - 200) = 9250.225 \text{ m} \\ Y_{K_{A2}} = 19385.7272 + (97.618) \times \cos(228.020 - 200) = 19474.042 \text{ m} \end{cases}$$

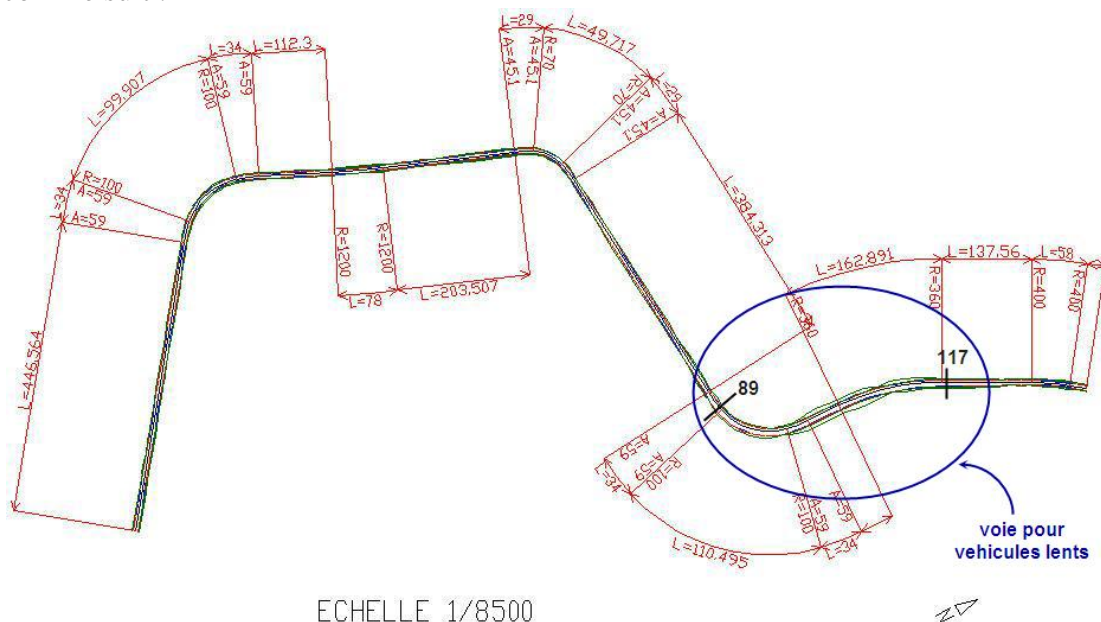
$$K_{E2} \begin{cases} X_{K_{E2}} = X_{K_{A2}} - S_L \times \sin(G_S^{P2} - 200 - \sigma) \\ Y_{K_{E2}} = Y_{K_{A2}} - S_L \times \cos(G_S^{P2} - 200 - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{K_{E2}} = 9250.225 - 34.764 \times \sin(24.321) = 9237.264 \text{ m} \\ Y_{K_{E2}} = 19474.042 - 34.764 \times \cos(24.321) = 19441.784 \text{ m} \end{cases}$$

- Cet exemple de calcul est fait à la main. Ce type de calcul est exécuté par le logiciel PISTE pour l'ensemble des virages.
- A chaque fois qu'un paramètre introduit ne répond pas aux normes le logiciel le rejette, il faut choisir et introduire une autre valeur.

**Remarque :** Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel PISTE 5 et sont joints dans l'annexe B.

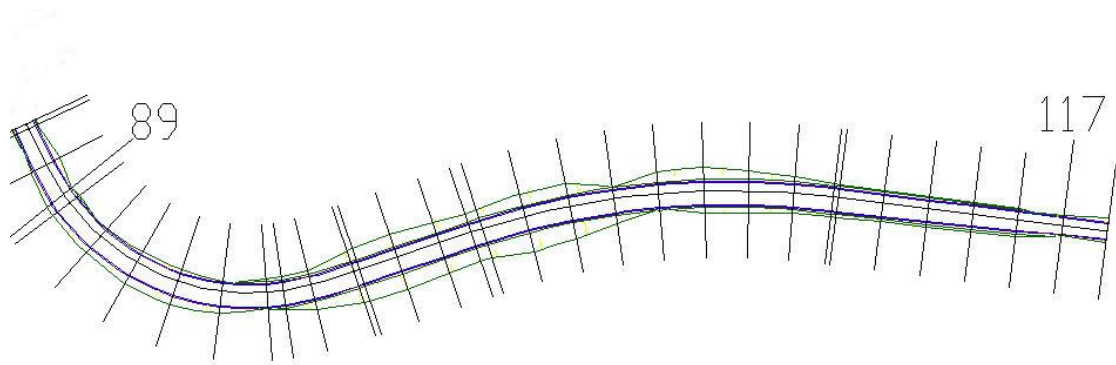
Après tous ces calculs de géométrie nous obtenons un tracé en plan schématisé comme suit :



**Figure 3.10.** Tracé en plan du projet

Ce tracé en plan est composé de six virages de rayons respectifs du début du projet jusqu'à la fin : 100, 1200, 70, 100, 360, 400 m. Sa longueur totale est de 2120.077 m, et la largeur de la voie est égale à 3.5 m, elle augmente au niveau du profil 89 (PK 1+537) jusqu'au profil 117 (PK 2+000) où on a une voie supplémentaire de largeur égale à 3 m réservée aux poids lourds.

**NB.** PK: point kilométrique.



**Figure 3.11.** Localisation de la voie lente dans le tracé

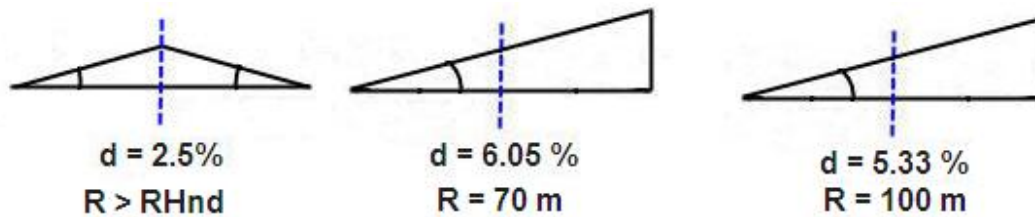
- **Analyse des paramètres**

D'après le tableau 3.1, les valeurs des rayons normalisés sont comme suit:  
 $RHm = 50$  m,  $RHnd = 350$  m.

Dans notre projet on a les rayons suivants:

- trois rayons (360, 400, 1200 m)  $> RHnd$   $\Rightarrow$  leurs devers sont schématisés dans la figure 3.11.

- trois rayons (100, 70, 100 m) compris entre le  $RHm$  et le  $RHnd$ , leurs devers sont compris entre 5 % et 7 % et représentés dans la figure 3.12.



**Figure 3.12.** Représentation des devers pour chaque rayon

**Conclusion**

- Tous les rayons sont choisis selon les normes.
- Une voie lente a été conçue pour les poids lourds dans le tronçon ou la rampe est supérieure à la valeur maximale (8%) imposée par les normes.

### III.3. LE PROFIL EN LONG

#### III.3.1. Définition

Le profil en long est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Il se compose de droites reliées par des raccordements paraboliques. On distingue deux types de raccordement :

- Raccordement convexe (angle saillant) ;
- Raccordement concave (angle rentrant).

On appelle déclivité, la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal, elle prend le nom de pente pour une descente et rampe pour une montée. Le pourcentage de déclivité est choisi de manière à :

- Assurer une circulation sans gêne due au trafic de poids lourds en limitant les valeurs des rampes si possible, ou en créant des voies supplémentaires pour les poids lourds ;
- Assurer l'évacuation des eaux dans les sections longues en déblais ou dans les zones de devers nul par la création des pentes longitudinales.

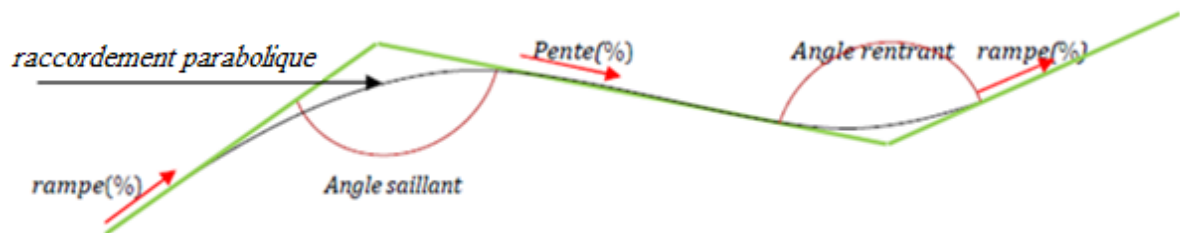


Figure 3.13. Profil en long d'une route

#### III.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux. Parmi ces conditions il y a lieu de :

- Minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux, en cherchant l'équilibre entre le volume de remblais et de déblais ;
- Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes ;
- Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance ;
- Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais ;
- Eviter une hauteur excessive de remblais ;
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants ;
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- Opter une déclivité minimale de 1% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

### III.3.3. Eléments constitutifs du profil en long

#### a) Les alignements

Sont des segments de droites caractérisés par leurs déclivités. On distingue deux types de déclivité :

- **Déclivité minimale** : Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5% et de préférence 1% pour éviter la stagnation des eaux.
- **Déclivité maximale** : La déclivité maximale est tolérée surtout dans les courtes distances. Selon le B40 elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de référence.

**Tableau 3.2.** Déclivité maximale

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

Pour notre cas la vitesse de référence  $V_r = 40$  km/h, donc la pente maximale  $I_{max} = 8$  %.

#### ❖ Voie supplémentaire pour véhicule lent

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

**En rampe** : Prévoir une voie supplémentaire pour poids lourds afin d'éviter le ralentissement des véhicules et le développement des files d'attente.

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

Dans notre projet la voie lente est prévue pour les PK de :

- Début : 1+537.
- Fin : 2+000.

#### b) Les raccordements verticaux

Le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire (parabolique) qui doit satisfaire les conditions de visibilité de confort et d'esthétique. On distingue deux types de raccordement :

- **Raccordement convexe (angle saillant)** : Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain.

*Condition de confort* : Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers. La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est représentée par la formule suivante :

$$\frac{V_r^2}{R_v} \leq \frac{g}{40} \Rightarrow R_v \geq 0.30 \times V_r^2 \text{ Pour (Cat 1 et 2)}$$

$$\frac{V_r^2}{R_v} \leq \frac{g}{30} \Rightarrow R_v \geq 0.23 \times V_r^2 \text{ Pour (Cat 3, 4 et 5)}$$

Où,  $R_v$  : rayon de raccordement (m).

$V_r$  : vitesse de référence (km/h).

$g$  : accélération de la pesanteur =  $10 \text{ m/s}^2$ .

*Condition de visibilité* : La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrêter. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance d'arrêt déterminée par la relation :

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

Où,  $D$  : distance de visibilité nécessaire (m).

$h_0$  : hauteur de l'œil (m).

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (m).

*Condition esthétique* : Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une route devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte.

Les rayons assurant ces conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle, vitesse de référence  $V_r = 40 \text{ km/h}$  et pour la catégorie 1 on a le tableau 3.3 suivant :

**Tableau 3.3. Rayons en angle saillant**

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Minimal absolu	$R_{VM}$	500
Minimal normal	$R_{VN}$	1500
Dépassement	$R_{VD}$	2500

- *Raccordement concave (angle rentrant)* : Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes mais par contre lorsque la route n'est pas éclairée, la visibilité de nuit doit être prise en compte. La visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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



Pour une vitesse  $V_r = 40$  Km/h et catégorie 1 on a le tableau 3.4 suivant :

**Tableau 3.4. Rayons en angle rentrant**

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Minimal absolu	$R_{VM}$	500
Minimal normal	$R_{VN}$	1200

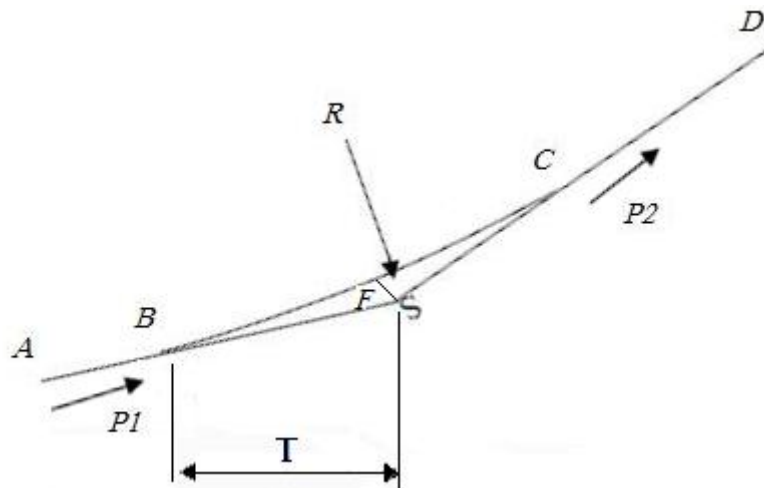
### III.3.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel.

La conception combinée des différents éléments du tracé doit permettre en particulier :

- de distinguer la chaussée et les obstacles éventuels à une distance assez grande pour permettre de manœuvrer ou de s'arrêter ;
- de prévoir de loin l'évolution du tracé sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités. On doit s'efforcer en particulier de supprimer ou de réduire les « pertes de tracé », avec réapparition de la route au sommet d'un point haut.
- d'éviter de placer les points singuliers (carrefours...) dans des courbes à faible rayon, ou dans des zones où la distance de visibilité est réduite ;
- d'assurer de façon globale à l'utilisateur une vision agréable de la route, par une combinaison harmonieuse des courbes, l'aspect des talus et l'environnement général de la route étant intégrés dans cette vision d'ensemble.

### III.3.5. Exemple de calcul de Profil en long



**Figure 3.14. Exemple de calcul de profil en long**

$$A \begin{cases} PK_A = 1080.752 \text{ m} \\ Z_A = 76.970 \text{ m} \end{cases} \quad S \begin{cases} PK_S = 1455.880 \text{ m} \\ Z_S = 97.120 \text{ m} \end{cases} \quad D \begin{cases} PK_D = 1889.320 \text{ m} \\ Z_D = 150.130 \text{ m} \end{cases}$$

$$R = 1200 \text{ m}$$

- Calcul des pentes et des rampes

$$\text{Pente} = \text{Rampe} = \frac{\Delta Z}{\Delta PK} \times 100 \%$$

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{PK_S - PK_A} \times 100 = \frac{97.120 - 76.970}{1455.880 - 1080.720} \times 100 = 5.37 \%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{PK_D - PK_S} \times 100 = \frac{150.130 - 97.120}{1889.320 - 1455.880} \times 100 = 12.23 \%$$

- Calcul des tangentes

$$T = \frac{R}{2} |P_1 \pm P_2| = 105.6 \text{ m}$$

- Calcul de la flèche (bissectrice)

$$F = \frac{T^2}{2R} = 4.64 \text{ m}$$

- Calcul des coordonnées des points tangentes

$$B \begin{cases} PK_B = PK_S - T = 1350.28 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 91.44 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} PK_C = PK_S + T = 1561.48 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 110.03 \text{ m} \end{cases}$$

### III.3.6. Profil en long du projet

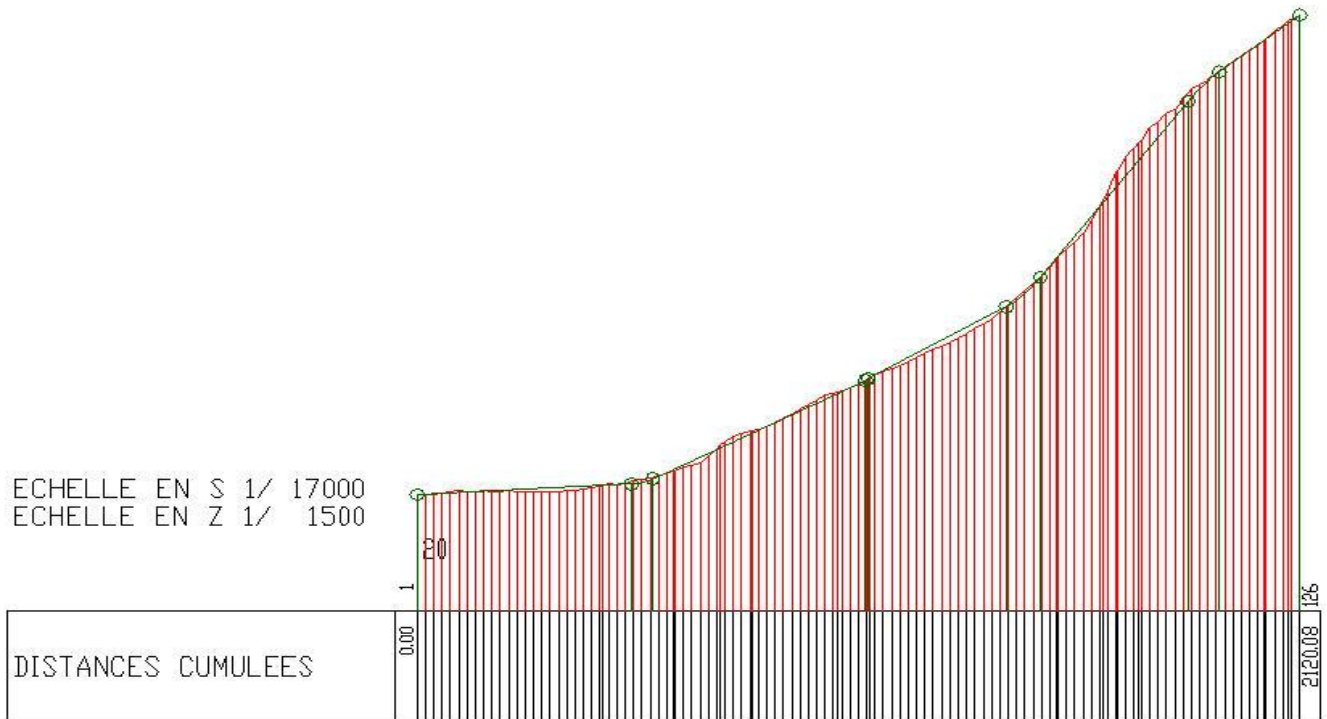


Figure 3.15. Profil en long du projet

### Conclusion

Notre profil en long est composé de 4 rayons dont 3 rayons convexes ( $R=1200$  m) et 1 seul rayon concave ( $R=1500$  m), On a une déclivité  $I = 12\%$  ( $>I_{\max}=8\%$ ) du PK 1+537 jusqu'au PK 2+000, ce qui n'est pas bénéfique pour les poids lourds, alors pour faciliter la circulation au niveau de ce tronçon on a choisie de concevoir un voie supplémentaire réservée aux véhicules lents.

D'après le tableau 3.3, les rayons convexes sont inférieurs au  $R_{VN}$  alors on aura une visibilité assurant l'arrêt sur un obstacle fixe.

Pour le rayon concave ( $R=1200$  m), il est égale au  $R_{VN}$  (tableau 3.4) ce qui permet une visibilité assurant un dépassement sur un obstacle fixe.

## III.4. PROFIL EN TRAVERS

### III.4.1. Définition

Le profil en travers est la représentation des différents constituants d'une infrastructure réalisée suivant une coupe dans un plan vertical et perpendiculaire à son axe en plan.

Le choix du nombre de voies de circulation, celui de leur largeur et celui de la structure générale du profil en travers est à la fois dicté par les débits que l'on souhaite écouler et par la fonction que l'on souhaite faire jouer à la route.

### III.4.2. Eléments constitutifs du profil en travers

**Emprise** : Surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances, limitée par le domaine public.

**Assiette** : Surface du terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai (terrassements).

**Plate-forme** : Pour un projet routier, une plate-forme est constituée d'une ou deux chaussées, des accotements et, éventuellement, d'un terreplein central.

**Chaussée** : Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton, elle peut être bidirectionnelle ou unidirectionnel.

**Terre plein central** : Espace aménagé séparant deux chaussées à sens opposés, comportant les deux bandes dérasées de gauche (BDG) et la bande médiane. Elle sert à séparer les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation... etc.).

**Accotements** : Elément de la route comprenant une bande dérasée, constituée d'une surlageur de chaussée et d'une bande stabilisée ou revêtue, et la berme.

**Bande dérasée** : Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle. Elle comporte le marquage en rive.

**Fossé** : Tranchée creusée parallèlement à la route, permettant l'évacuation des eaux internes ou de ruissellement.

**Berme** : Zone située immédiatement à l'extérieur de la bande dérasée. Elle est généralement engazonnée. Elle supporte certains panneaux de signalisation et d'éventuels équipements.

**Talus** : Terrain en pente faisant la liaison entre la plate-forme et le terrain naturel. Le talus de remblai surplombe la plate-forme et en est séparé par un fossé destiné à recevoir les eaux de ruissellement. Le talus de déblai se trouve en contrebas de la plate-forme.

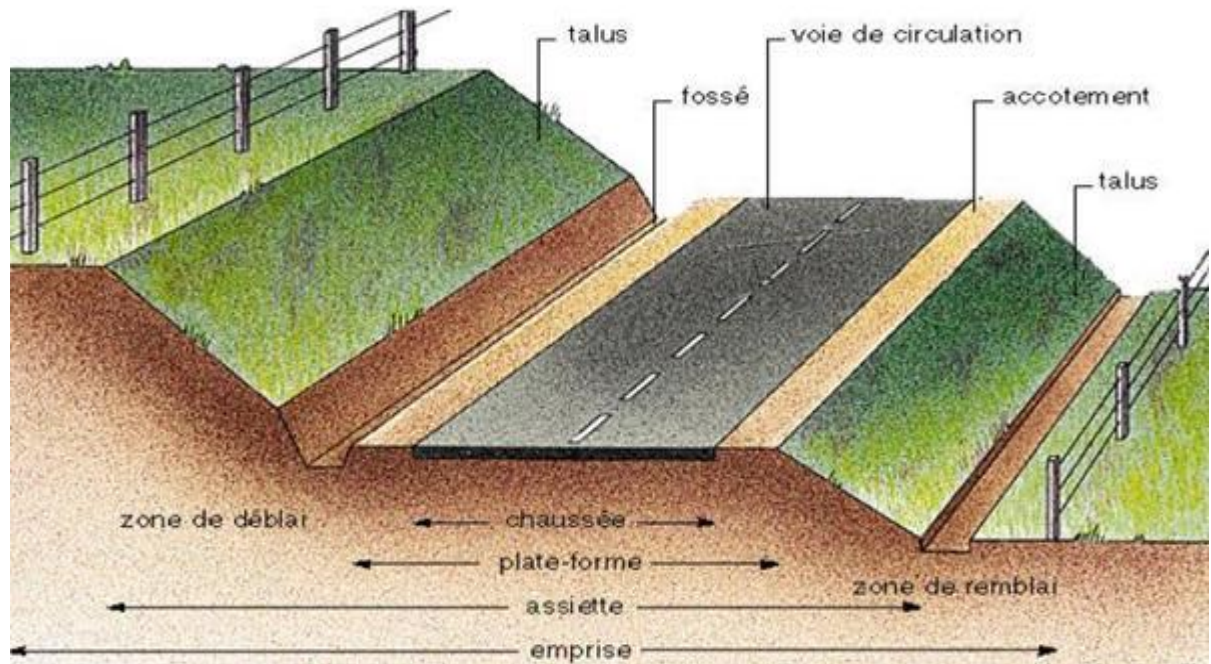


Figure 3.16. Profil en travers général

### III.4.3. Différents types de profil en travers

L'étude d'un tracé routier nécessite deux types de profil en travers :

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

**a) Profil en travers type :** Pour un projet routier, le profil en travers type est constitué d'une plate-forme type et de deux talus type en déblai et en remblai.

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

**b) Profil en travers caractéristique :** Le profil en travers caractéristique est une coupe qui montre la structure transversale réelle de la route en un point donné, il contient les éléments constitutifs de la chaussée plus la ligne du terrain naturel.

### III.4.4. Application au projet

a- le profil en travers type donne les renseignements concernant la largeur de la chaussée et les épaisseurs des couches d'assises. Un profil type est valable sur une zone homogène du tracé.

Avec l'insertion de la voie lente, on distingue selon la figure 3.17 ci-dessous trois profils types qui sont illustrés dans la figure 3.18.

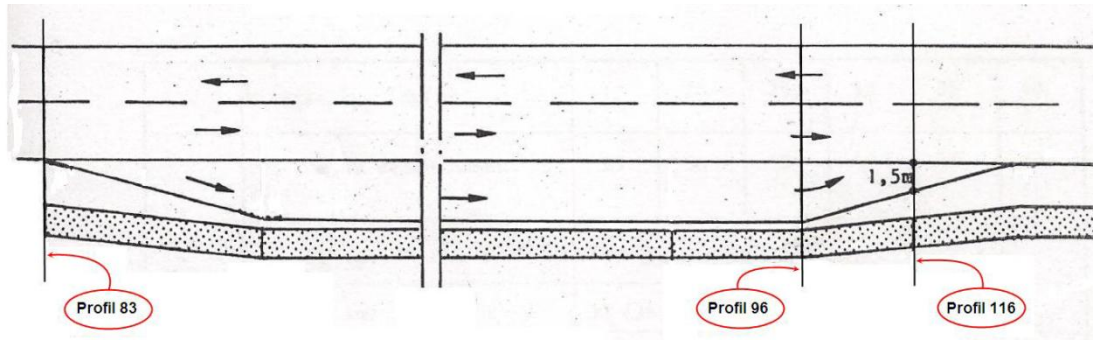


Figure 3.17. Voie supplémentaire pour véhicules lents en rampe

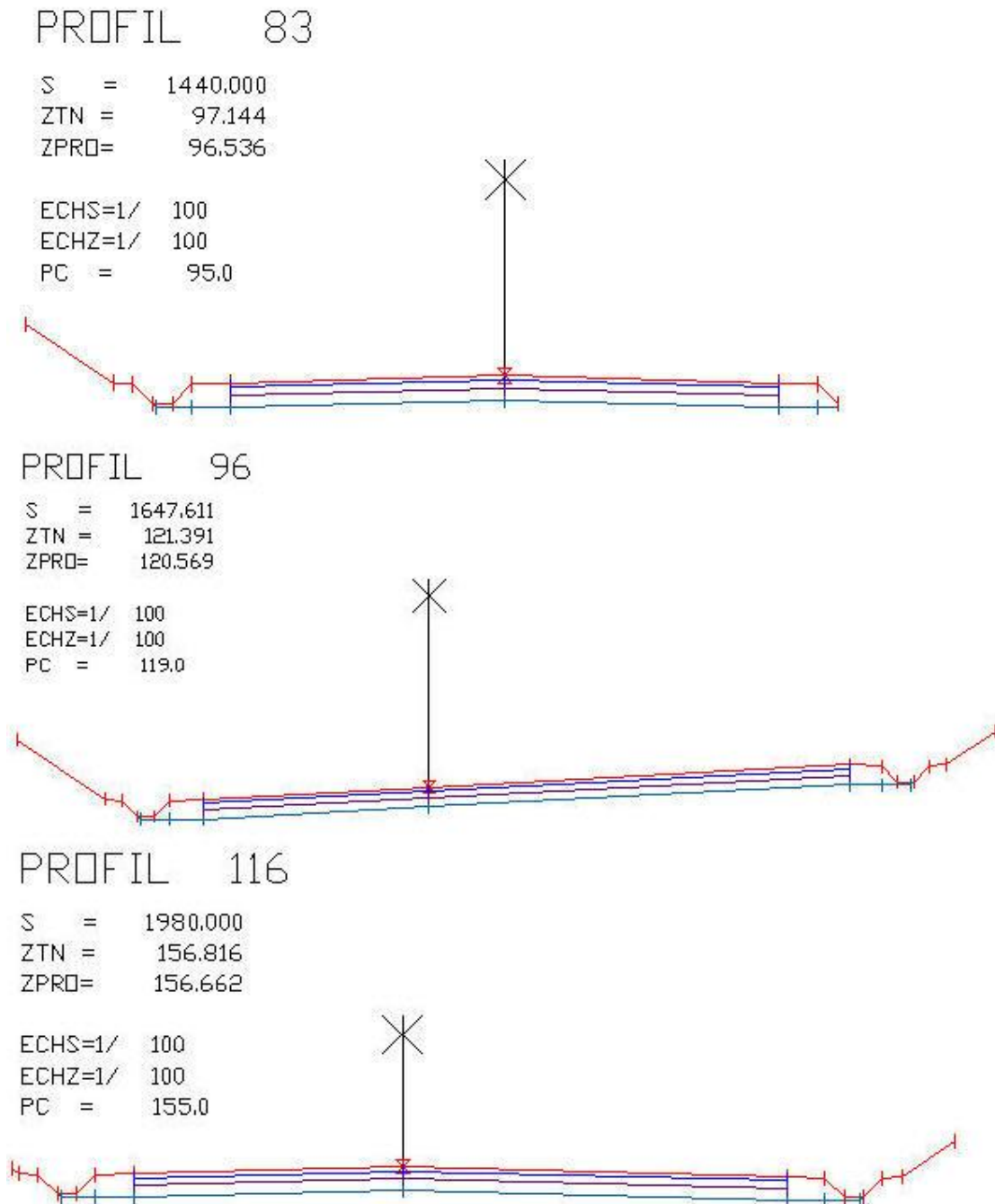


Figure 3.18. Profils en travers types

b- le profil caractéristique présente en plus des caractéristiques du profil type la position de la ligne du terrain naturel (3.19, 3.20). Il permet le calcul des cubatures.

PROFIL 1

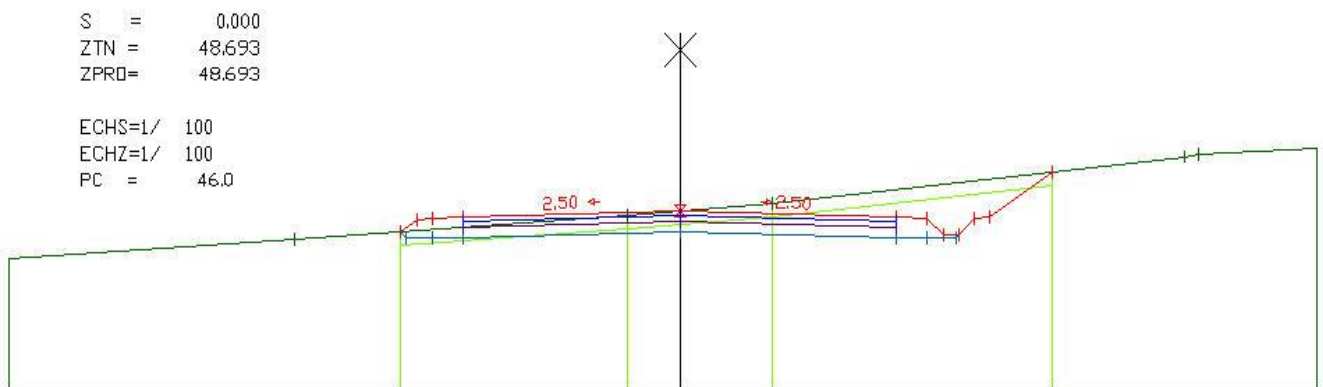


Figure 3.19. Profil en travers caractéristique n° 1 du projet

PROFIL 112

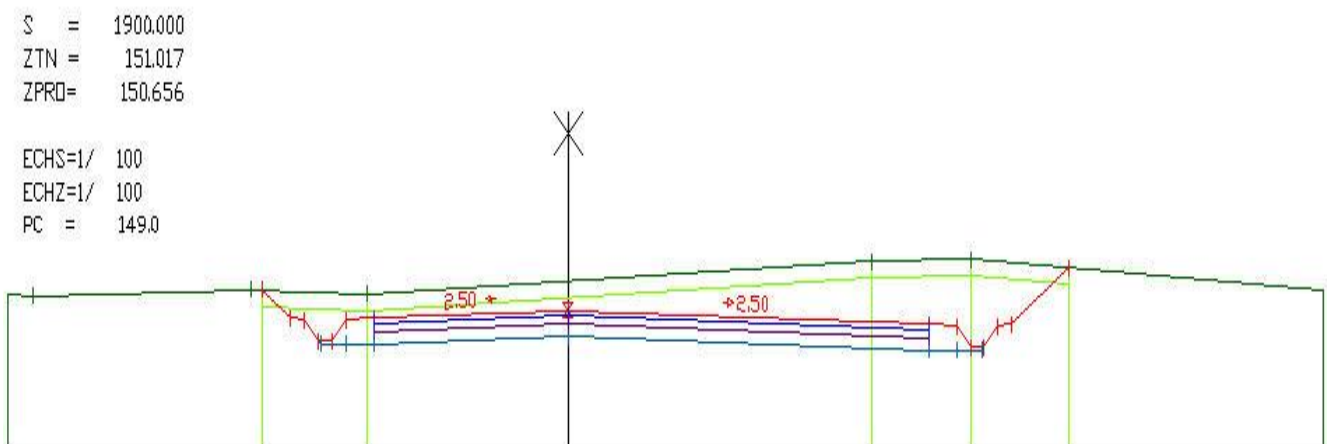


Figure 3.20. Profil en travers caractéristique n° 112 du projet (avec voie lente)

### III.5. CUBATURES DES TERRASSEMENTS

**Terrassement** est un nom masculin synonyme de l'opération par laquelle on creuse, on remue, on déplace ou on transporte la terre. Les terrassements sont l'ensemble des travaux destinés à modifier la forme naturelle du terrain. Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel (remblai). Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge (déblai). Dans le langage des travaux publics, terrasser c'est extraire, transporter et éventuellement utiliser un sol naturel en vue de construire un ouvrage (tranchée, remblai, tunnel, etc.) ou de servir d'assiette à un ouvrage (fondation, piste d'aérodrome, etc.). On distingue dans l'exécution des terrassements routiers trois phases essentielles : l'extraction, le transport et la mise en remblai ou en dépôt. Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle "**cubature des terrassements**".

On définit la cubature par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet. Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

#### III.5.1. Méthode de calcul

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

Le travail consiste a calculé les surfaces SD (surface déblai) et SR (surface remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

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

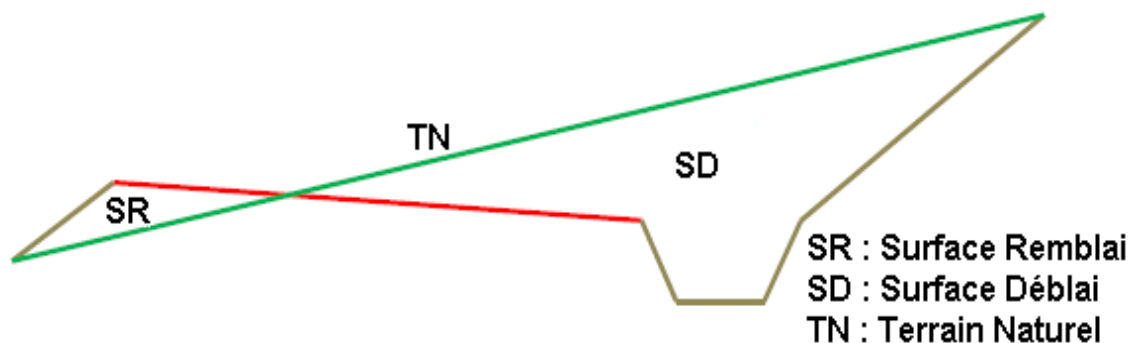


Figure 3.21. Surface remblai et surface déblai



III.5.2. Description de la méthode SARRAUS

Le principe de la méthode consiste à calculer le volume de déblai ou de remblai des tronçons compris entre deux profils successifs par la formule suivant :

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

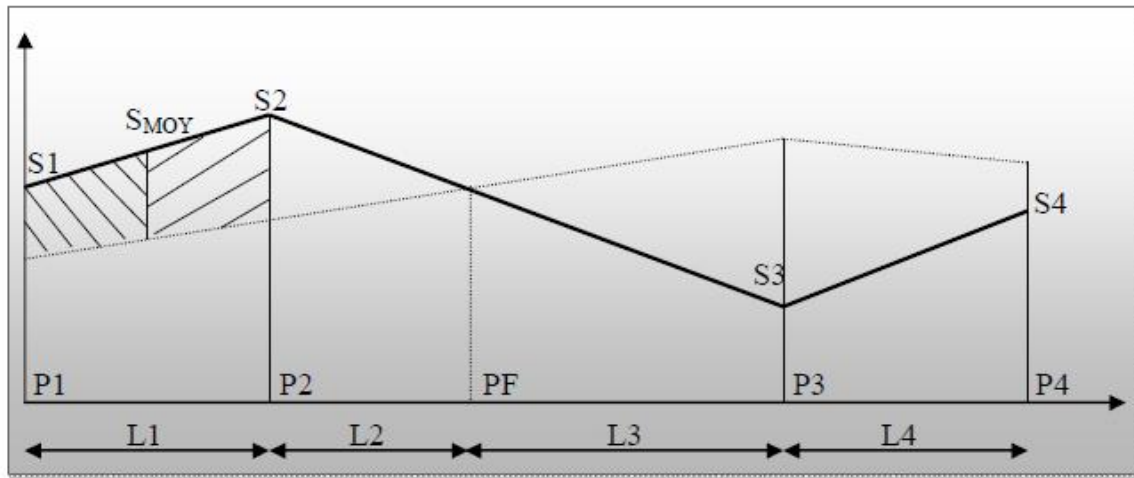
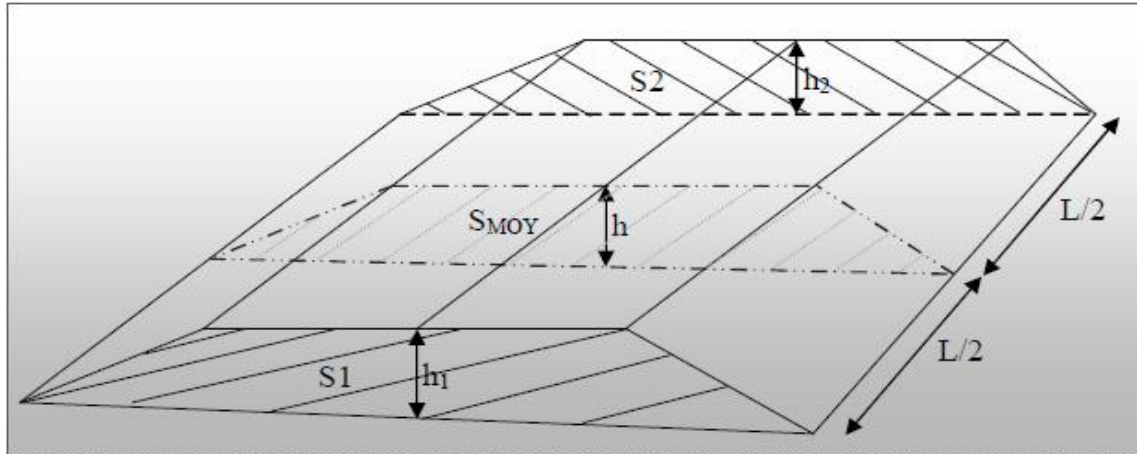


Figure 3.22. Principe de la méthode SARRAUS

- PF: profil fictive, surface nulle
  - Si: surface de profil en travers Pi
  - Li : distance entre ces deux profils
  - S<sub>MOY</sub> : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).
- Pour éviter des calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S<sub>MOY</sub> et  $\frac{(S_1+S_2)}{2}$ .
- Ce qui donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

### III.5.3. Application au projet

Le calcul des cubatures s'est effectué à l'aide de logiciel Piste 5. Les résultats du calcul sont joints en annexe.

Les volumes de terrassement de notre projet sont les suivants:

$$V_T(\text{déblai}) = 18088 \text{ m}^3 ; V_T(\text{remblai}) = 6429 \text{ m}^3.$$

$$\Rightarrow \Delta V = 11659 \text{ m}^3 > 0.$$

On un excès de volume déblaie, alors on peut utiliser une partie de la terre déblaie pour réaliser les remblais.

### III.6. CONCLUSION

Cette partie d'étude nous à permis de fixer et d'affiner les caractéristiques définitives de la liaison. A partir de ces données et des divers tracés, on peut connaitre les positions des ouvrages d'art, des buses et de l'équilibre entre déblais et remblais. On peut également apprécier la visibilité au niveau des virages et des rayons verticaux.

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long peut être vérifiée à ce stade.

## **CHAPITRE IV**

# **DIMENSIONNEMENT ET ASSAINISSEMENT DE CHAUSSEE**

---

- La chaussée
- Dimensionnement des chaussées
- Assainissement
- Conclusion

## IV.1. LA CHAUSSEE

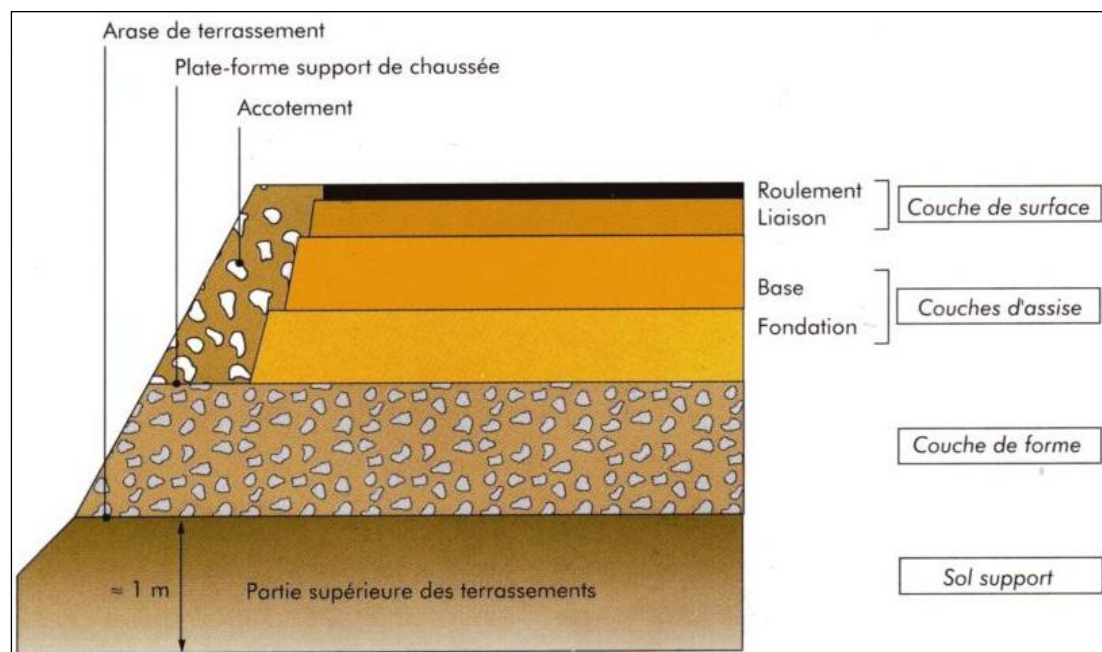
### IV.1.1. Définition

La chaussée est une interface entre le sol et les véhicules se déplaçant à haute vitesse à la surface. Elle doit ainsi pouvoir :

1. Distribuer la charge et transmettre au sol support une contrainte qui n'entraînera pas de déformation excessive à ce niveau ;
2. Atténuer les mouvements différentiels qui proviennent du sol et limiter les déformations résultantes en surface ;
3. Maintenir ses qualités structurales (portance) et fonctionnelles (adhérence et uni) à long terme.

### IV.1.2. Constitution

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée constituée du sol terrassé (sol support) surmonté généralement d'une couche de forme (figure 4.1).



**Figure 4.1.** Terminologie d'une structure de chaussée

En général, une chaussée comporte :

- Une couche de surface appelée couche de roulement. Une couche de liaison peut être intercalée entre la couche de roulement et le corps de chaussée ;
- Une couche de base située immédiatement sous la couche de surface forme avec la couche de fondation, le corps de chaussée.

### IV.1.3. Rôles des différentes couches d'une chaussée

#### a) Le sol support

Le sol support constitue la plate-forme sur laquelle repose la chaussée. Le sol support est éventuellement surmonté d'une couche de forme en matériaux sélectionnés ou traités. Un sol support doit :

- Offrir une assise convenable pour le compactage des couches de chaussée et doit donc être suffisamment rigide.
- Cette rigidité ne doit pas se détériorer pendant la période qui sépare l'exécution des terrassements et la réalisation de la chaussée, elle doit donc être peu sensible aux intempéries.
- Elle doit, par sa rigidité, participer au fonctionnement de la chaussée.

#### b) La couche de forme

La couche de forme peut être une structure parfois assez complexe. Elle peut être constituée d'une seule couche de matériaux ou au contraire de couches successives répondant à des fonctions distinctes, pouvant inclure un géotextile et peuvent se terminer par un enduit gravillonné ou un film de protection. Elle a essentiellement une double fonction:

- A court terme et pendant la phase des travaux, elle protège le sol support, elle établit une qualité de nivellement et permet la circulation des engins pour l'approvisionnement des matériaux et la construction des couches de chaussée. Elle doit présenter des qualités suffisantes d'uni, de résistance aux intempéries, de portance vis-à-vis des engins approvisionnent les matériaux de la couche de fondation.
- A long terme, vis-à-vis du fonctionnement mécanique de la chaussée, elle permet de rendre plus homogènes et éventuellement d'améliorer les caractéristiques dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place, et elle doit être peu sensible aux fluctuations de l'état hydrique du sol et contribuer au drainage de la chaussée.

#### c) La couche d'assise

L'assise de la chaussée est généralement constituée de deux couches :

1. la couche de fondation surmontée de
2. la couche de base.

Ces couches en matériaux élaborés (le plus souvent liés pour les chaussées à trafic élevé) apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic.

Elles répartissent les pressions sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à ce niveau à des limites admissibles.

#### d) La couche de surface

Elle est directement exposée aux diverses sollicitations du trafic et du climat, elle a pour rôle d'assurer la sécurité et le confort en offrant une bonne adhérence et un uni acceptable, et parfois aussi l'imperméabilisation du support lorsque celui-ci est en matériaux non traités.

La couche de surface est généralement constituée de deux couches, la couche de roulement et éventuellement la couche de liaison.

#### IV.1.4. Familles de structures de chaussée

La dimension du réseau routier Algérien, et sa diversité en terme trafic et de conditions climatiques à supporter, ainsi sans doute que la variabilité des ressources de matériaux disponibles, expliquent l'existence de nombreux types de structures de chaussées. Celles-ci ont été regroupées en trois familles :

- Chaussées souples ;
- Chaussées semi-rigides ;
- Chaussées rigides.

##### a) Chaussées souples

Une structure souple, principalement utilisée pour la réalisation des routes secondaires peu empruntées par les poids lourds est constituée d'une couverture bitumineuse relativement mince (< 15 cm) reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités (GNT) d'épaisseur comprise entre 20 et 50 cm. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm.

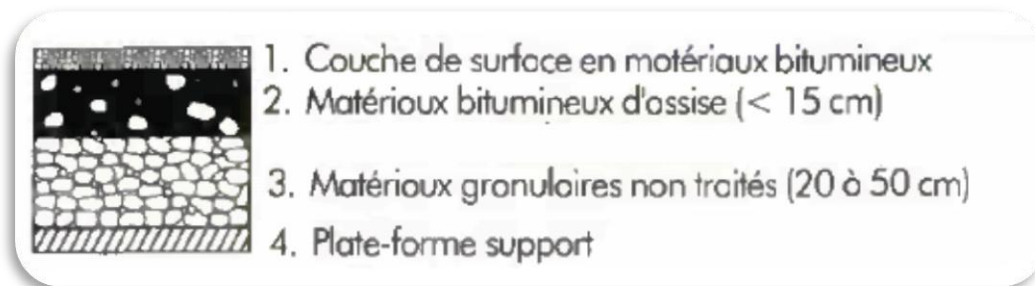


Figure 4.2. Chaussées souple

##### b) Chaussées semi-rigides

Une chaussée semi-rigide possède une assise traitée par un liant hydraulique (MTLH) de 20 à 50 cm d'épaisseur et une couverture bitumineuse d'épaisseur inférieure à 14 cm.

L'assise en matériaux traités aux liants hydrauliques est disposée en une ou deux couches (base et fondation).



Figure 4.3. Chaussée semi-rigide

##### c) Chaussées rigides

Ces structures comportent une couche de béton de ciment de 15 à 40cm d'épaisseur, éventuellement recouverte par une couche de roulement mince en matériaux bitumineux. La couche de béton repose, soit sur une couche de fondation, soit directement sur le sol support avec interposition d'une couche de liaison.

Les chaussées en béton forment une technique particulière assez coûteuse et elles sont pratiquement inexistantes en Algérie.

## IV.2. DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

Le dimensionnement mécanique d'une structure de chaussée a pour objet de fixer les épaisseurs des différentes couches de matériaux constituant la chaussée, afin de lui permettre, tout au long de la durée de service choisie, de résister aux agressions d'ordre mécanique appliquées par le trafic. Ces agressions se traduisent par :

- un endommagement progressif conduisant à la rupture par fatigue ;
- et/ou une accumulation des déformations permanentes conduisant à un orniérage excessif.

Le dimensionnement repose sur le choix d'une durée de service donnée qui est fonction de la stratégie d'investissement du Maître d'Ouvrage et d'une probabilité de rupture.

### IV.2.1. Facteurs déterminants dans le dimensionnement

Quel que soit la méthode de dimensionnement, on devra toujours tenir compte d'un certain nombre de paramètres dont l'influence sur le comportement mécanique de la structure et la durée de vie de la chaussée est fondamentale. Ces paramètres peuvent être classés en quatre groupes :

#### a) Le trafic

Le trafic qui doit être prise en compte est le trafic poids lourds (véhicules de plus de 3,5 tonnes). En effet, ce sont eux qui transportent les charges les plus élevées et qui sont donc les plus agressifs pour les structures des chaussées. Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

1. Trafic poids lourds **PL** à la mise en service (résultat d'une étude de trafic, des comptages périodiques et des données statistiques établies) ;
2. Trafic cumulé **N** sur la période considérée (durant la durée de vie de la chaussée)

#### b) La portance du sol

Les structures de chaussées sont construites sur le sol support ; généralement constitué de sol terrassé, ou en cas de besoin (mauvaise portance) surmonté d'une couche de forme. Alors, la portance de sol support est fonction de celle du sol terrassé (déblai et remblai), et éventuellement de l'apport de la couche de forme.

#### c) Les matériaux (module et fatigue)

On sait que la plupart des matériaux ne se comportent pas de la même façon sous l'action d'une charge instantanée et permanente que sous l'action des charges répétitives.

Ainsi, un matériau soumis à un grand nombre de charges répétées peut rompre malgré le fait que chaque charge soit largement inférieure à la limite de résistance à la rupture instantanée de ce matériau ; d'autre part, on observe une diminution de cette limite de résistance dans le temps. Ce phénomène est connu sous le nom de fatigue des matériaux. Alors, les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

#### d) Le climat (variation de température et gel)

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations. Ainsi, la variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné.

### IV.2.2. Méthode de dimensionnement

La conception et le dimensionnement des chaussées ont leurs particularités et leurs problèmes propres. Alors il est nécessaire d'aborder la conception et le dimensionnement des structures de chaussées par une approche spécifique. On distingue deux approches :

**L'approche empirique :** Elle est essentiellement basée sur l'expérience. Tout d'abord, il faut fixer un critère pour définir la fin de la durée de vie d'une chaussée, (par exemple lorsque les déformations totales de la structure dépassent une valeur admissible). Ensuite, on effectue une observation d'un ensemble de sections de chaussée réelles ou expérimentales selon ce critère. Enfin par des méthodes statistiques, on détermine des relations entre la durée de vie des chaussées et leurs caractéristiques géométriques (épaisseurs des couches), géotechniques et mécaniques (nature et propriétés des matériaux utilisés).

**L'approche rationnelle :** Les épaisseurs de chaussée sont déterminées à partir des outils informatiques existants tels que Alizé, en fonction du trafic attendu sur la durée de service de l'ouvrage, de l'agressivité du trafic en milieu urbain et de la portance du sol support. Elle se base essentiellement sur une modélisation du comportement du corps de chaussée avec calcul de contraintes admissibles des matériaux et du sol support (module de Young, coefficient de Poisson, températures équivalentes, écart-type sur les épaisseurs,  $\sigma_6$ ,  $\epsilon_6$ , etc.).

#### a) Méthode C.B.R (Californian Bearing Ratio)

L'épaisseur totale du corps de chaussée (en cm), s'obtient par l'application de la formule de PELTIER établie empiriquement, sur observations des chaussées souples réalisées avec de la grave concassée.

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

Le sol support : il est pris en compte par son indice CBR.

Le trafic : on tient compte du poids **P** de la roue la plus chargée et de la répétition de charge par le nombre **N**.

**N** : nombre de véhicules (dont le poids est supérieur à 1.5 tonnes) /jour/sens à la fin de vie de la chaussée

Et pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches mises en œuvre, on fait intervenir le coefficient équivalence (**a**).



Ainsi, l'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

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

Où :  $a_1, a_2, a_3$  : coefficients d'équivalence.

$e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des différentes couches (roulement ; base ; fondation).

Les valeurs usuelles des coefficients d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau 4.1.

**Tableau 4.1.** Coefficients d'équivalence des matériaux

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

**Remarque :**

Pour le calcul de l'épaisseur réelle, on fixe « $e_1$ » et « $e_2$ » et on calcule « $e_3$ », généralement les épaisseurs adoptées sont :

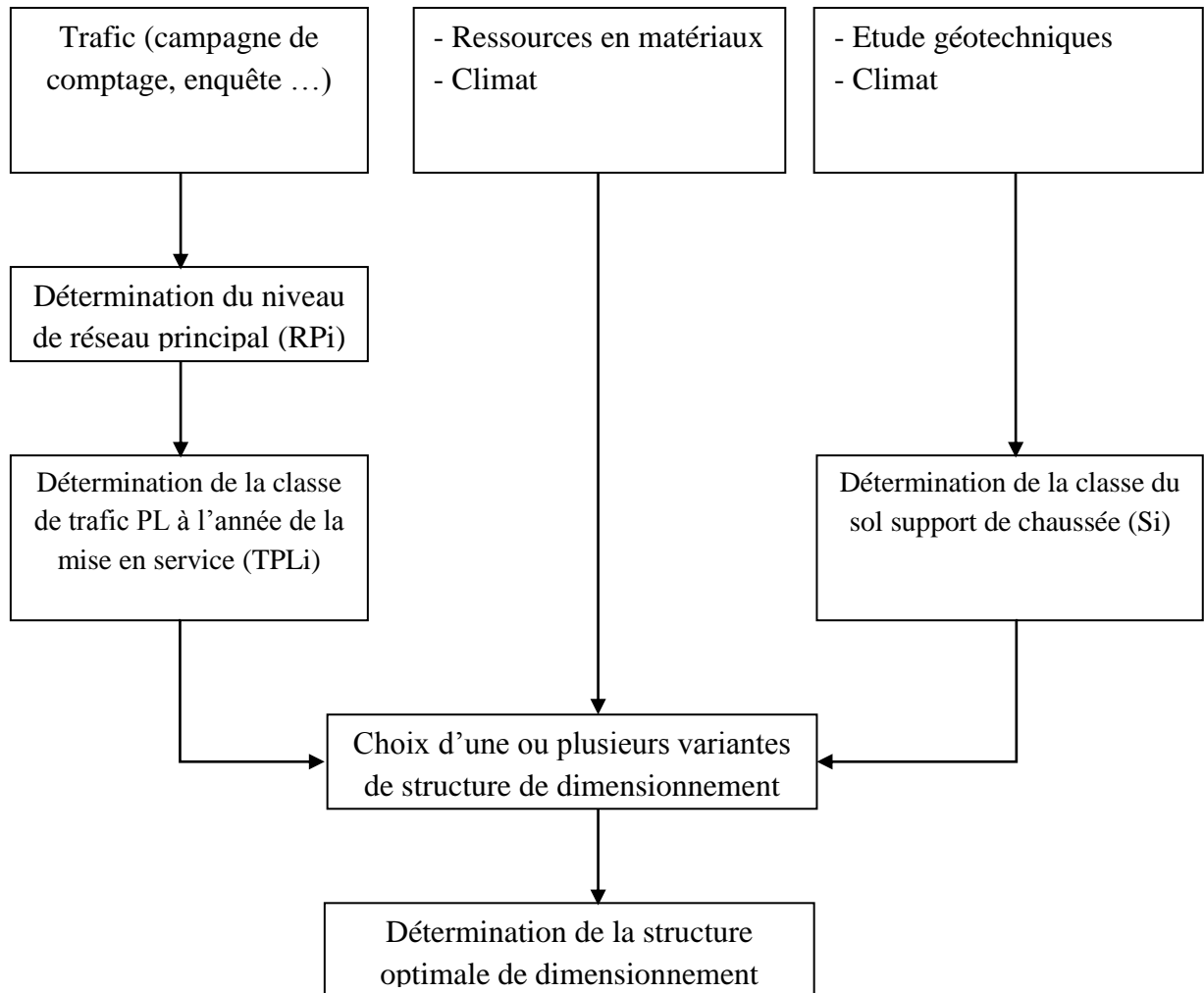
**BB** = 6 - 8 cm ; **GB** = 10 - 20 cm ; **GC** = 15 - 25 cm ; **TVO** = 25cm et plus.

**b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves**

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui combine les deux approches (théorique et empirique). Le catalogue se présente sous la forme d'un jeu de fiches de structures définies à partir de la hiérarchisation de la voie, de la classe du trafic poids lourds et de la plateforme support de chaussée.

**-Démarche de la méthode**

Le synoptique de la démarche suivie par le concepteur est le suivant :



**Figure 4.4.** Démarche du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

### -Paramètres dimensionnant

**Le trafic :** ce sont des données issues de l'étude de trafic

**Le niveau du réseau :** il est obtenu en relation avec le trafic poids lourds par jour et par sens l'année de la mise en service.

- Réseau principal de niveau 1 (RP1) : liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules/jour, liaisons reliant deux chefs-lieu de wilaya et des liaisons présentant un intérêt économique et/ou stratégique.

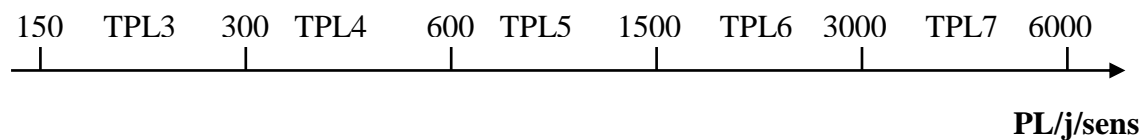
- Réseau principale de niveau 2 (RP2) : liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules/jour. Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

**Les classes de trafic (TPLi) :** Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement des chaussées neuves, en Algérie, sont données, pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en Nombre de PL par Jour et par sens à l'Année de mise en service (TJMAS<sub>PL</sub>).

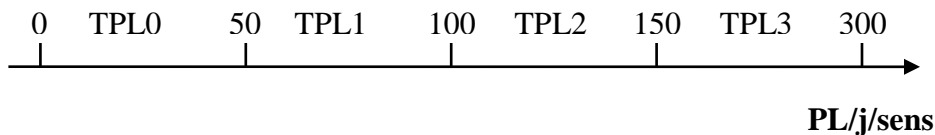
$$TPL_i = \%PL \times \frac{TJMA}{2} \quad (PL/j/sens)$$

Le document de référence y distingue les classes suivantes :

- Classe TPLi pour RP1 :



- Classe TPLi pour RP2 :



**Les classes du sol support (Si) :** Le tableau 4.2 regroupe les classes de portance des sols regroupés en fonction de leur indice portant CBR.

**Tableau 4.2.** Classes de portance de sol

Portance (Si)	CBR
S4	< 5
S3	5 – 10
S2	10 – 25
S1	25 – 40
S0	> 40

**Remarque :** lorsque des cas de sol de faible portance ( $\leq S4$  en RP2,  $\leq S3$  en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans les conditions acceptables.

Selon les cas de chantiers (trafic, nature des sols, zones climatiques), la couche de forme sera de différents types. Elle peut être en une ou plusieurs couches suivant le cas de portance de sol terrassé (Si) et la classe de sol support visée (Sj).

Le tableau 4.3 donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

**Tableau 4.3.** Sur classement avec couche de forme

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux	Classe de portance de sol support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	Matériaux non traité	35 cm	S3
S4	Matériaux non traités	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70 cm (en 2 couches)	S1

Matériaux non traités : GNT, TVO, TUF, etc.

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

**Tableau 4.4.** Zones climatiques en Algérie

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

#### - Choix des matériaux du corps de chaussée

Le choix des matériaux à mettre en œuvre est fait en relation avec le niveau de réseau.

**Tableau 4.5.** Structures disponibles dans le catalogue

Niveau de réseau principal	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, BCg/GC
RP2	MNT (matériaux non Traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SB

**GB :** grave bitume, **GC :** grave ciment, **GL :** grave-laitier, **GNT :** grave non traitée, **BCg :** béton de ciment goujonné, **AG :** arène granitique, **TUF :** encroutement calcaire **SB :** sable bitume, **SG :** sable gypseux

Le tableau 4.5 synthétise l'éventail des structures types disponibles dans les fiches techniques de dimensionnement du catalogue.

### - Choix de la couche de roulement

Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit :

**RP1** : Couche de roulement en béton bitumineux (BB), les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.

6BB à 8BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT...)

6BB à 10BB pour les structures GL/GL

**RP2** : Couche de roulement en enduit superficiel (ES) ou enrober à froid (EF) en fonction du matériau choisi en assise de chaussée et de la zone climatique correspondante.

### - Choix de la structure à adopter

Après s'être sur les matériaux en fonction des paramètres passés en revue, le projecteur se rapportera aux structures figurant dans les fiches techniques de dimensionnement du catalogue (Fascicule 3).

## IV.2.3. Application au projet

a) Méthode C.B.R (Californian Bearing Ratio)

### Données du projet :

- P = 6.5 t

-  $I_{CBR} = 10 \%$

- % PL = 20 %

- TJMA = 2000 Véhicules/j

- i = 4 %

- n = 20 ans

$$N = \frac{\%PL \times TJMA}{2} \times (1 + i)^n = 438.22 \text{ PL/j/sens}$$

Alors, l'épaisseur totale du corps de chaussée est :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \left( 75 + 50 \log \left( \frac{N}{10} \right) \right)}{I_{CBR} + 5} = 34 \text{ cm}$$

Le corps de chaussée est composé par des différents matériaux. Alors, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

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

Pour le calcul de l'épaisseur réelle, on fixe «e<sub>1</sub>» et «e<sub>2</sub>» et on calcule «e<sub>3</sub>».

**Tableau 4.6.** Choix des couches de roulement et de base

Couche	Matériaux	coefficient d'équivalence	Epaisseur
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1.5	10
Fondation	GNT	1	?

$$e_3 = 34 - (2 \times 6 + 1.5 \times 10) = 7 \text{ cm}$$

Sachant que l'épaisseur minimale de mise en œuvre d'une Grave Non Traitée ne doit pas être inférieure à 15 cm, on opte pour cette valeur minimale :  $e_3 = 15 \text{ cm}$ . On obtient alors la structure suivante à laquelle il faut rajouter les 40 cm de TVO.

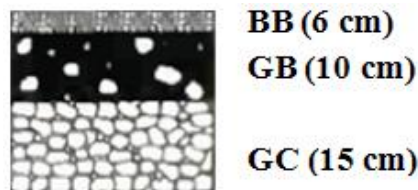


Figure 4.5. Structure de chaussée (CBR)

**Remarque :** par manque de données précises sur le trafic la structure a été calculé avec un nombre de poids lourds inférieur à celui prévu par la méthode (% Poids lourds  $>5t$  au lieu du % Poids lourds  $> 1.5t$ ). Donc elle peut être légèrement sous dimensionnée.

#### b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

- **Détermination du type de réseau (R<sub>Pi</sub>) :** Notre liaison supporte un trafic  $TJMA = 2000 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j} \Rightarrow \mathbf{RP}_1 \Rightarrow$  Matériau Traités au Bitume

- **Détermination de la classe de trafic (T<sub>PLi</sub>) :** On a %PL = 20 %

$$T_{PL_i} = \%PL \times \frac{TJMA}{2} = 200 \text{ PL/j/sens} \Rightarrow \mathbf{TPL}_3$$

- **Détermination de la portance de sol support (S<sub>i</sub>) :** On a  $I_{CBR} = 10 \% \Rightarrow \mathbf{S}_3$  (sol de faible portance). Vue l'appartenance au réseau RP2, on doit viser la portance de sol S3. D'où le recours à une couche de forme de 40 cm d'épaisseur (en deux couches) en matériaux non traités (GNT, TVO, TUF...).

- **Choix de la fiche technique de dimensionnement :** On a les données d'entrées du dimensionnement suivantes :

- Structure de type « Matériau Traités au Bitume » -MTB- ;
- Zone climatique = I
- Durée de vie = 20 ans ;
- Trafic : PL3
- Taux d'accroissement = 4 %.

La fiche technique correspondant aux matériaux traités au bitume est la suivante : structure **GB/GNT** (avec 40 cm de TVO) :

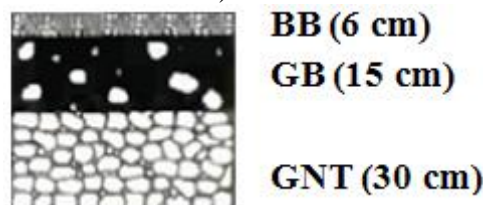


Figure 4.6. Structure de chaussée (catalogue)

**Remarque :** la structure est surdimensionnée dans la mesure où nous avons opté pour une classification en RP1 alors que la route pouvait aussi être classée en RP1.

### IV.3. ASSAINISSEMENT

Les eaux de ruissellement proviennent, soit des bassins versants extérieurs à la route, soit de l'enceinte routière proprement dite (voie de circulation, accotements, talus, ...). La présence d'eau en quantités exagérées sur la surface de la chaussée provoque:

1. la rupture de l'équilibre de l'entité «route-véhicule-conducteur» ;
2. des projections d'eau et de boue gênant les usagers et les riverains de la route. Ces projections sont souvent observées sur des chaussées mal drainées et présentant des zones de stagnation d'eau (mauvaise coordination entre le profil en long et le profil en travers ....).
3. Les eaux stagnantes sur la chaussée sont d'autant plus dangereuses qu'elles deviennent polluées. Les polluants ont pour origine l'usure de la chaussée, l'usure des pneumatiques et les émissions liées aux gaz d'échappement.
4. le désenrobage du revêtement. En effet, pour les produits noirs, de manière générale, le pouvoir mouillant de l'eau sur les granulats solides est supérieur à celui du liant qui est un liquide à viscosité élevée. L'eau arrive ainsi à se substituer au liant à la surface des granulats: c'est le désenrobage du granulat. L'eau, par ce mécanisme, provoque une perte de résistance mécanique de la couche liée parce que les granulats ne sont précisément plus liés.

L'augmentation de la teneur en eau des matériaux des couches de la chaussée et du sol support entraîne la baisse de la portance (du sol et de la structure) ce qui augmente les contraintes dans l'assise et accélère sa fatigue. Une déformation excessive du sol et des couches inférieures entraîne les phénomènes d'orniérage, de fissuration et d'affaissement.

#### IV.3.1. Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning) ;
- Le maintien de bonne condition de viabilité ;
- Réduction du coût d'entretien ;
- Eviter les problèmes d'érosions ;
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel) ;
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plateforme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

### IV.3.2. Définitions des termes hydrauliques

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

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

**Cheminée (chambre de visite)** : C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

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

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

**Décente d'eau** : Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

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

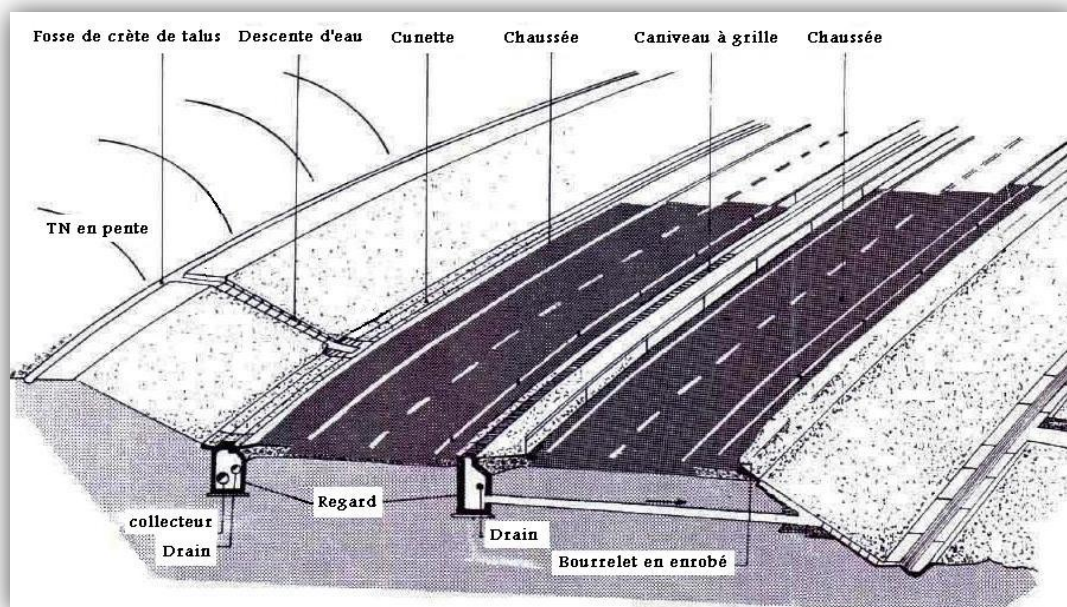


Figure 4.7. Définitions des termes hydrauliques



### IV.3.3. Assainissement de la chaussée

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire. Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

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

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

**Fossé de pied du talus de déblai :** Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plateforme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

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

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

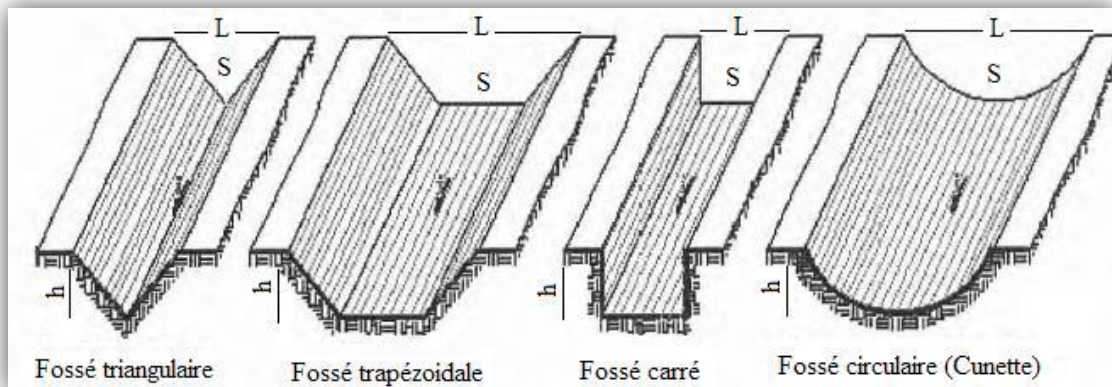


Figure 4.8. Différents types de fossés longitudinaux

**Drain :** Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

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

#### IV.3.4. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule :

$$Q_a = Q_s$$

Où,  $Q_a$  : débit d'apport en provenance du bassin ( $m^3/s$ ).

$Q_s$  : débit d'écoulement au point de saturation ( $m^3/s$ ).

##### a) Calcul du débit d'apport ( $Q_a$ )

Le débit d'apport est calculé en appliquons la formule de la méthode rationnelle :

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

Où,  $K$  (= 0.2778) : coefficient qui permet la conversion des unités (mm/h en l/s).

$C$  : coefficient de ruissellement.

$I$  : intensité de l'averse (mm/h).

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

- **Coefficient de ruissellement** : C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau 4.7 ci-après :

**Tableau 4.7. Coefficient de ruissellement**

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

##### - Détermination de l'intensité de l'averse

*Calcul de précipitation journalière*: D'après GALTON, le calcul de la pluie journalière maximal annuel de fréquence donnée s'effectue par la formule suivante :

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

Où,  $P$  : pluie journalière moyenne (mm).

$C_v$  : coefficient de variation climatique.

$u$  : variable de Gauss, donnée par le tableau 4.8 suivant :

**Tableau 4.8. Variable de Gauss**

Fréquence (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss	0.00	0.84	1.28	1.64	2.05	2.32

**Remarque :**

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

*Calcul de la fréquence d'averse :* La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \times \left( \frac{t_c}{24} \right)^b$$

Où,  $P_j$  : hauteur de pluie journalière maximale (mm).

$b$  : l'exposant climatique de la région.

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

Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Lorsque } A < 5 \text{ km}^2 ; t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \\ \text{Lorsque } 5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2 ; t_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \\ \text{Lorsque } 25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2 ; t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8\sqrt{H}} \end{array} \right.$$

Où,  $A$  : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).

$L$  : Longueur de bassin versant (km).

$P$  : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

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

*Calcul de l'intensité de l'averse :*

$$I_t = I \times \left( \frac{t_c}{24} \right)^{b-1}$$

$$\text{Où, } I = \frac{P_j (\%)}{24}$$

**b) Calcul du débit de saturation ( $Q_s$ )**

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

$$Q_s = S \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times R_h^{\frac{2}{3}}$$

Où,  $S$  : section mouillée.

$K_{st}$  : coefficient de STRECKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

$R_h$  : rayon hydraulique (m)

$J$  : la pente moyenne de l'ouvrage.

### IV.3.5. Application au projet

#### Les données pluviométriques

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul, que nous avons obtenus auprès de la **A.N.R.H** sont :

- Pluie moyenne journalière maximale  $P = 54.74$  mm.
- Exposant climatique  $b = 0.38$ .
- Coefficient de variation climatique  $C_v=0.44$ .

#### Calcul de précipitation journalière

En général pour les routes principales on prend compte de la fréquence décimale (10 ans), donc la variable de Gauss  $U=1.28$ .

$$P_j(10\%) = \frac{54.74}{\sqrt{(0.44)^2 + 1}} \times e^{1.28 \sqrt{\ln(0.44^2 + 1)}}$$

$$\Rightarrow P_j(10\%) = \mathbf{88.07 \text{ mm}}$$

#### Fréquence d'averse $P_t$ (10%)

Pour une durée de  $T=15$ mn, ( $t = 0.25$  ;  $b = 0.38$ )

$$\Rightarrow P_t (\%) = 88.07 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.38} \Rightarrow P_t (\%) = \mathbf{15.54 \text{ mm}}$$

#### L'intensité de l'averse :

$$I = \frac{P_j(\%)}{24} \Rightarrow I = \frac{88.07}{24} = 3.67 \text{ mm/h}$$

Donc, l'intensité de la pluie est :

$$I_t = 3.67 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{-0.62} \Rightarrow I_t = \mathbf{62.18 \text{ mm/h}}$$

#### a) Dimensionnement des buses

##### Calcul du débit d'apport

$$Q_a = 2.78 \times 10^{-7} \times C \times I \times A$$

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau 4.9 suivant :

**Tableau 4.9.** Débit d'apport

Surface d'apport	Surface (m <sup>3</sup> )	Coefficient de ruissellement (C)	Intensité de l'averse (mm/h)	Débit $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s)	Débit total $Q_0$ (m <sup>3</sup> /s)
Chaussée	1200	0.95	62.18	0.020	0.7112
Accotement	240	0.40	62.18	0.002	
Talus (TN)	200000	0.20	62.18	0.691	

**Calcul de débit de saturation ( $Q_s$ )**

$$Q_s = S \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times R_h^{\frac{2}{3}}$$

S: surface mouillée =  $\frac{1}{2} \times \pi \times R^2$  (pour une hauteur de remplissage égale à  $0.5\Phi$ )

$R_h$ : rayon hydraulique =  $R/2$

$K_{st} = 80$  (pour les buses)

j: la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4 m/s. Pour notre cas ; On a  $I = 12.23\%$

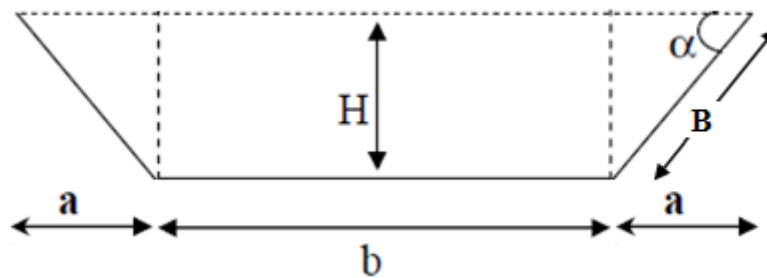
$$Q_s = 80 \times (R/2)^{\frac{2}{3}} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.12)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{\frac{2}{3}} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.12)^{\frac{1}{2}} = 0.7112 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc:  $R = 0.217\text{m}$  on prend  $R = 250\text{mm}$  D'où:  $\Phi = 500 \text{ mm}$

**b) Dimensionnement des fossés**

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



**Figure 4.9.** Profil en travers du fossé

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

$K_{st} : 30$  (fosse en terre). Pente de fosse  $I = 4\%$

**Calcul de la surface mouillée**

$$S_m = b \times H + 2 \times \frac{a \times H}{2}$$

Avec:  $\text{tg } \alpha = \frac{H}{a} = \frac{1}{n} \Rightarrow a = n \times H$

Alors,

$$S_m = H \times (b + n \times H)$$

**Calcul du périmètre mouillé**

$$P_m = b + 2B$$

Avec :  $B = \sqrt{H^2 + e^2} = \sqrt{H^2 + n^2 \times H^2} = H \times \sqrt{1 + n^2}$

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

*Calcul du rayon hydraulique*

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

$$Q_a = Q_s = S \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times R_h^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_a = Q_s = H \times (b + n \times H) \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{H \times (b + n \times H)}{b + 2 \times H \times \sqrt{1 + n^2}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Après un calcul itératif, on trouve  $H = 0.48 \text{ m} \approx \mathbf{0.5 \text{ m}}$ .

#### IV.4. CONCLUSION

- La comparaison des deux structures de chaussée montre que la méthode CBR donne un corps de chaussée plus économique. La différence pourrait être attribuée, d'une part, au fait que notre route, pour des considérations stratégiques, a été classée dans le réseau principal de niveau 1, alors que techniquement on pouvait tout aussi bien la classer au niveau 2 (la classe TPL3 existe dans les deux niveaux) ce qui aurait donnée une structure de chaussée moins importante) et d'autre part à la sous évaluation de la répétition de charge lors du calcul par la méthode CBR.
- Après un calcul d'assainissement, on a des fossés de 50cm de hauteur, et des canaux busées de 50 cm de diamètre.

# **CHAPITRE V**

## **GEOTECHNIQUE, SIGNALISATION ET ECLAIRAGE**

---

- Géotechnique
- Signalisation
- Eclairage

## V.1. GÉOTECHNIQUE

### V.1.1. Généralités

L'élaboration et l'exécution de projets routiers en site neuf nécessitent une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela la reconnaissance géotechnique constitue une source d'informations indispensables à chacune des étapes de la naissance d'une section de route. En effet, cette reconnaissance permet :

- Au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux...
- Au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec un minimum d'aléas possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des sols rencontrés, méthodes d'exécution, ....

*L'objectif de l'étude géotechnique* peut se résumer en :

- La définition des caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée ;
- La détection des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée ;
- La préservation des ressources naturelles ;
- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.

### V.1.2. Différentes essais en laboratoire

#### *Les essais caractérisant la nature du sol*

- L'analyse granulométrique réalisé par l'analyse granulométrique avec des tamis de diamètre  $D \geq 80\mu m$  et la Sédimentométrie pour  $D < 80\mu m$
- La mesure d'argilosité est réalisée soit par la mesure des limites d'Atterberg, ou par la mesure de l'équivalent de sable, ou bien par essai au bleu de méthylène.

#### *Les essais caractérisant l'état des matériaux*

La mesure de la teneur en eau : par comparaison avec des critères spécifiques au matériau, elle permet de définir la quantité d'eau correspondant à la résistance maximum.

#### *Les essais déterminant le comportement mécanique du sol sous le trafic*

- L'essai CBR ;
- L'essai à la plaque ;
- L'essai à la dynaplaque ;
- L'essai de déflexion sous jumelage.

#### *Les essais caractérisant le comportement vis-à-vis des agressions mécaniques*

- Essai Micro-Deval et Los Angeles.

#### *Les essais caractérisant le comportement du sol au compactage*

- L'essai Proctor normal ou modifié.

#### *L'essai caractérisant le comportement vis-à-vis des agressions physico-chimiques*

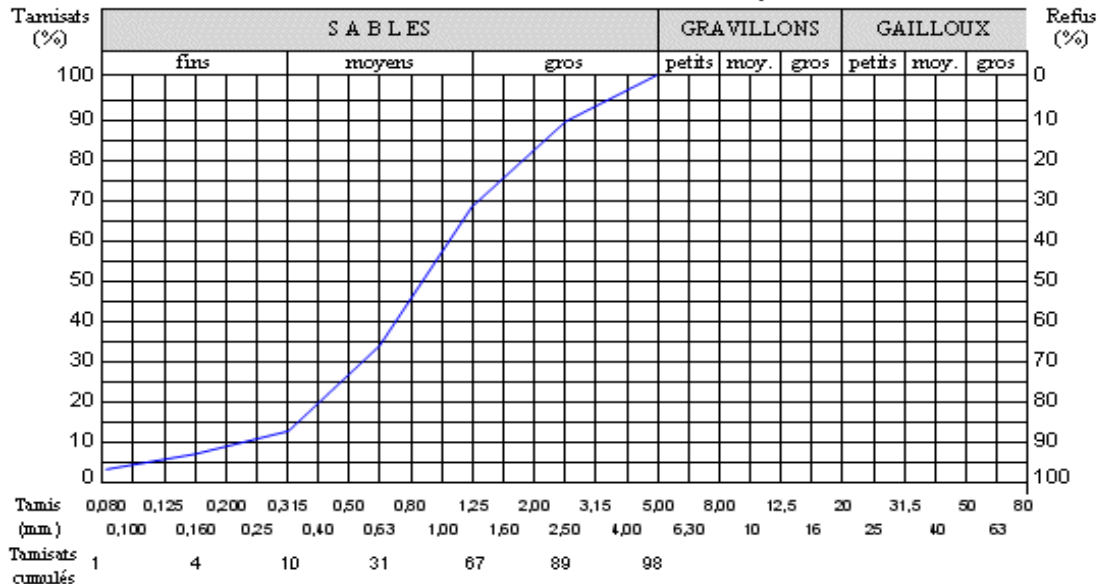
- L'essai d'altérabilité

#### *L'essai de gélifraction caractérisant le comportement vis-à-vis du gel.*



### a) Analyse granulométrique

Cette opération permet de déterminer le pourcentage d'éléments fins (passant à **80µm**) qui caractérise la sensibilité à l'eau du matériau d'une part et d'examiner, d'autre part, la forme de la courbe granulométrique (représentation graphique de la distribution des grains suivant leurs dimensions).



**Figure 5.1.** Courbe granulométrique d'un sable

En plus la courbe granulométrique nous renseigne de :

- le diamètre du plus gros élément ( $D$ ) ;
- le coefficient d'uniformité  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$  ;
- le coefficient de courbure  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ .

Le coefficient d'uniformité caractérise l'étalement de la courbe, une granulométrie étalée conditionne la stabilité. Le coefficient de courbure permet de définir si des graves et sables sont bien gradués. Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

- $d < 2 \mu m$  : Argile
- $2 \mu m \leq d < 20 \mu m$  : Limon
- $20 \mu m \leq d < 200 \mu m$  : Sable fin
- $0.2 mm \leq d < 2 mm$  : Sable grossier
- $2 mm \leq d < 20 mm$  : Gravier
- $20 mm \leq d < 50 mm$  : Cailloux
- $d \geq 50 mm$  : Blocs

### b) Sédimentométrie

Cet essai vient compléter l'analyse granulométrique par tamisage. Il utilise la loi de Stokes qui donne, dans le cas de grains sphériques de même masse volumique, la relation entre le diamètre des grains et leur vitesse de décantation. Appliquée aux éléments inférieurs à 80  $\mu\text{m}$ , cette loi permet de déterminer les diamètres équivalents des particules. Le diamètre équivalent  $D$  d'une particule à une profondeur connue, après un certain intervalle de temps à partir du commencement de la sédimentation est donné par :

$$D = 0.005531 \sqrt{\frac{\eta \times H}{(G_s - 1) \times t}}$$

$\eta$  : viscosité de l'eau

$H$  : hauteur effective en mm

$G_s$  : gravité spécifique de la particule

$t$  : temps écoulé en minutes.

### c) Equivalent de Sable

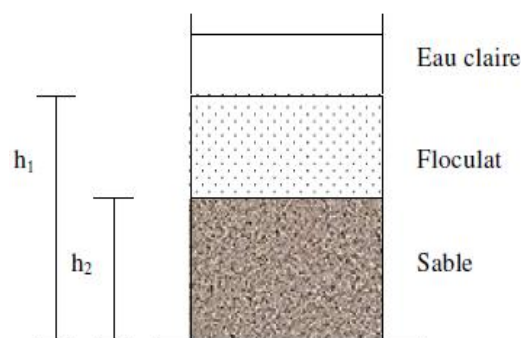
Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5 mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée (figure IV.2) dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution floculante destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur  $h_2$  du sable et la hauteur  $h_1$  du sommet du floculat.

On calcule ensuite :

$$ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

Les valeurs obtenues s'échelonnent de 0 à 100.

Pour la valeur 100, le matériau est très propre. Au-dessous de 20, il est argileux et l'essai perd alors sa signification.



**Figure 5.2.** Essai équivalent de sable

#### d) Essai bleu de méthylène

L'essai a pour objectif de déterminer la quantité et la nocivité des éléments argileux contenus dans les fines du granulat et est basé sur la capacité de ces éléments fins à absorber du bleu de méthylène.

Le colorant étant préférentiellement adsorbé par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer, cette capacité rend compte globalement de l'activité de surface de ces éléments.

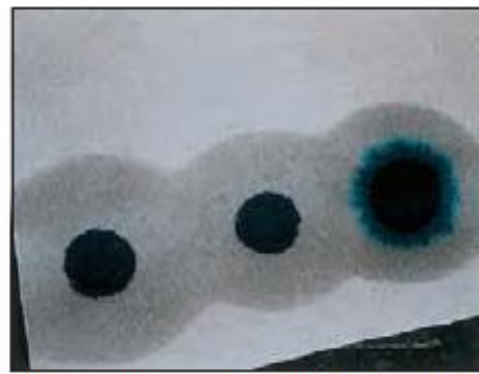
L'essai consiste à injecter successivement des doses élémentaires d'une solution de bleu dans un bain aqueux contenant la prise d'essai. L'adsorption est contrôlée après chaque ajout en effectuant une tache sur un papier filtre (figure IV.3).

La VBS (valeur de bleu d'un sol) s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol, et les Seuils retenus sont les suivant :

- **0,1** : seuil en dessous duquel on peut considérer que le sol est insensible à l'eau.
- **0,2** : seuil au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.
- **1,5** : seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols sablo-argileux.
- **2,5** : seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.
- **6** : seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux.
- **8** : seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux.



*Ensemble du matériel d'essai.*



*Auréole bleue appaissant à la périphérie de la tache indiquant la fin de l'adsorption du bleu sur le sol.*

**Figure 5.3.** Essai au bleu de méthylène

#### e) Les limites d'Atterberg

Lorsqu'on fait croître progressivement la teneur en eau d'un sol préalablement séché et pulvérisé, il passe d'un état solide ou très consistant à rupture fragile à un état plastique (grandes déformations sans rupture) puis à l'état liquide.

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

- Limite de liquidité  $W_L$  : qui marque le passage de l'état quasi liquide à l'état plastique. Elle est mesurée à l'aide de la coupelle de Casagrande dans laquelle on place une certaine quantité de sol à une teneur en eau déterminée. Une rainure est pratiquée sur toute l'épaisseur du sol. Par des chocs normalisés, on amène la rainure à se refermer. La limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à sa fermeture en 25 chocs.
- Limite de plasticité  $W_P$  : qui est la teneur en eau à partir de laquelle le sol commence à s'émietter lorsqu'on le roule en fils de faible diamètre (environ 3 mm). (Figure 5.4).

On définit alors l'*indice de plasticité* :

$$I_p = W_L - W_P$$

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », et quand il est de très faible valeur, le sol sera très sensible à une variation de la teneur en eau.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

$I_p < 12$  : Faiblement argileux.

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

$25 \leq I_p < 40$  : Argileux.

$I_p \geq 40$  : Très argileux.

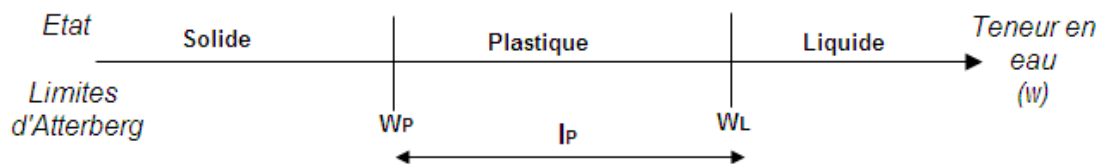


Figure 5.4. Représentation des limites d'Atterberg

#### f) Essai Proctor

Il a pour but de simuler l'évolution du sol au cours du compactage et de déterminer, pour une énergie de compactage déterminée, la teneur en eau qui permet d'obtenir la densité sèche maximale. L'essai consiste à compacter, dans un moule standard à l'aide d'une dame standard et selon un processus bien déterminé, un échantillon du sol à étudier et à déterminer la teneur en eau du sol et sa densité sèche après le compactage. L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes. On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction des teneurs en eau. On trace alors la courbe en interpolant entre les points expérimentaux. Elle présente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau de l'optimum Proctor, et l'ordonnée la densité sèche Proctor.

Deux variantes de l'essai Proctor sont couramment pratiquées :

- L'essai Proctor normal : rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.
- L'essai Proctor modifié : compactage beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

Suivant la granulométrie du terrain étudié, l'essai Proctor (aussi bien normal que modifié) s'effectue dans un moule de faible section (moule Proctor) pour les terrains qui ne contiennent pas d'éléments de dimension supérieure à 5 mm, dans un moule à large section pour les terrains dont les plus gros éléments ont des dimensions comprises entre 5 et 20 mm. Ce dernier moule est le même que celui de l'essai CBR (moule CBR).

Dans le cas de matériaux de dimension maximale supérieure à 20 mm, on remplace poids par poids la fraction supérieure à 20 mm par du 5 /20 mm venant du même matériau. Les dimensions des moules sont les suivantes :

Tableau 5.1. Dimensions des moules Proctor

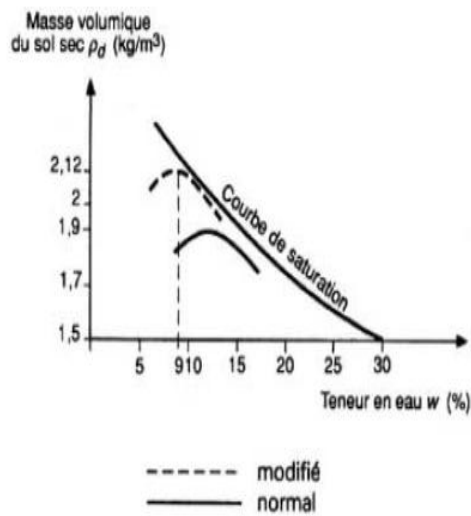
	Diamètre (mm)	Hauteur (mm)
Moule Proctor	101.6	117
Moule CBR	152	127

La dame « Proctor normal » pèse 2,4 kg et sa hauteur de chute est de 30,5 cm, et la dame « Proctor modifié » pèse 4,535 kg et sa hauteur de chute est de 45,7 cm.

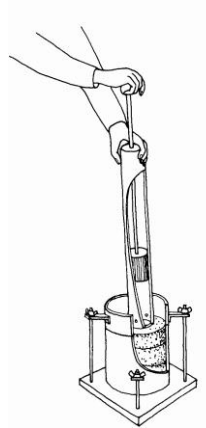
Dans l'essai Proctor normal, l'énergie de compactage est appliquée au sol en 3 couches de 25 coups de dame dans le moule Proctor ou en 3 couches de 55 coups de dame dans le moule CBR.

Dans l'essai Proctor modifié, le nombre de coups est le même, mais le sol mis en place est en 5 couches.

La figure 5.5 donne un exemple de courbe obtenue dans les deux essais. On a représenté également la courbe de saturation. On constate, et c'est une règle générale, que l'optimum Proctor modifié correspond à une masse volumique du sol sec supérieure et à une teneur en eau plus faible que celle de l'essai Proctor normal.



**Figure 5.5.** Exemple de courbes Proctor normal et modifié



**Figure 5.6.** Opération de compactage

### g) Essai CBR

L'essai CBR (*Californian Bearing Ratio*), proposé en 1938, est universellement utilisé pour apprécier la résistance des sols supports de chaussée. L'**indice portant californien** ou CBR est un nombre sans dimension exprimant, en pourcentage, le rapport entre les pressions produisant un enfoncement donné dans le matériau étudié d'une part, et dans un matériau type d'autre part. Cette notion d'indice portant est bien entendu purement empirique.

L'essai est réalisé sur un échantillon de sol 0/20 mm maximum compacté dans un moule CBR (en remplaçant éventuellement par du 5/20 mm la fraction supérieure à 20 mm). Dans l'essai standard, le matériau est compacté suivant les procédures de l'essai « Proctor modifié » et à la teneur en eau optimale.

On peut ensuite effectuer l'essai soit sans imbibition sur des sols compactés à l'énergie Proctor normal et à la teneur en eau naturelle, soit après immersion complète. La durée de cette immersion est en principe de 4 j. L'échantillon est alors poinçonné par un piston de 4,9 cm de diamètre à une vitesse de 1,27 mm/min.

On détermine l'évolution de la pression appliquée en fonction de l'enfoncement. Si  $P_{2,5}$  et  $P_5$  sont respectivement les pressions nécessaires pour réaliser des enfoncements de 2,5 et 5 mm, le CBR est par définition la plus grande des deux valeurs :

$$\frac{P_{2,5}}{0,7} \text{ et } \frac{P_5}{1,05}$$

### h) Essai Los Angeles

L'essai consiste à estimer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier et à l'usure par frottements réciproques dans la machine appelée « Los Angeles ». (figure 5.7)

On place 5 kg ( $M_0$ ) de granulat et des boules en acier (7 à 11 de 420 g) dans un tombeur muni d'une plaque intérieure suivant la génératrice. Après un nombre normalisé de tours (500 tours à 33 tours/mn).

Le coefficient Los Angeles (LA) est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant au tamis de 1,6 mm séchés après lavage ( $M_1$ ) et la masse sèche initiale des granulats intacts.

$$LA = 100 \times \frac{M_0 - M_1}{M_0}$$

Plus le LA est élevé, moins le granulat est dur, et donc moins bon.



**Figure 5.7.** Appareil « Los Angeles »

### i) Essai Micro Deval

L'essai utilise est le Micro-Deval à sec ou en présence d'eau. Cette mesure quantifie à la fois l'usure qui se produit par frottement réciproque des gravillons dans une assise (attrition) et celle survenant entre le pneumatique et le gravillon à la surface des revêtements (usure). Comme l'usure est très influencée par la présence d'eau, l'essai le plus représentatif est le Micro-Deval en présence d'eau (M.D.E.).

L'essai Micro-Deval consiste à estimer la résistance à la fragmentation par choc et à l'usure au contact par l'eau. Il est réalisé sur les mêmes classes granulaires utilisées pour Los Angeles. On place 500 g de granulats avec une charge abrasive de 5 kg d'acier de 10 mm de diamètre. Le cylindre tourne à 100 tours/mn pendant 2 heures, on récupère le passant M au tamis de 1,6 mm puis séchage à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante. (figure 5.8).

Le coefficient Micro-Deval en présence de l'eau est :  $MDE = \frac{500-M}{5}$



Figure 5.8. Appareil MDE et tambour avec billes en acier

### V.1.3. Les essais IN SITU

#### a) L'essai à la plaque

Il a pour objet de déterminer directement la **déformabilité du sol en place**, à l'aide d'une plaque circulaire de rayon  $a$  sur laquelle on exerce une charge induisant une pression moyenne  $Q$  sur le sol. (figure IV.9)

La mesure de la déflexion  $W$  (permet de calculer le module de déformation par la formule :

$$E_v = \frac{1.5 \times Q \times a}{W} \times (1 - \nu^2)$$

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : **E = 5 CBR.**



Figure 5.9. Dispositif de l'essai a la plaque

**b) Essais pressiométriques**

- **Pénétromètre statique** : L'essai de pénétration statique consiste à enfoncer verticalement dans le sol, sans choc, ni vibration, ni rotation à vitesse lente et constante imposée, une pointe munie d'un cône en partie inférieure, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm, par l'intermédiaire d'un train de tiges qui lui est solidaire. Il s'agit de mesurer la résistance à la pénétration de ce cône. (figure 5.10)

On peut mesurer l'effort total de pénétration, ainsi que l'effort de frottement latéral local, sur un manchon de frottement situé immédiatement au-dessus du cône. Avec cet essai, il est possible :

- de déterminer la succession des terrains ;
- d'estimer l'homogénéité du matériau ;
- d'établir les caractéristiques des sols traversés.



**Figure 5.10.** Pénétromètre statique de 100 KN, sur chenillard

**- Pénétromètre dynamique**

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

Le pénétromètre dynamique sert à déterminer la résistance dynamique opposée par le sol sur une pointe s'y enfonçant.

**V.1.4. Conclusion**

La reconnaissance géotechnique constitue une source précieuse d'informations indispensables à chacune des étapes de la naissance d'une section de route. En effet, on projette, on étudie, on réalise de plus en plus des ouvrages importants et complexes dans des sites de plus en plus difficiles à aménager. Il en résulterait un accroissement inadmissible des risques de tout ordre, si on négligeait l'étude géotechnique de ces sites. Il est établi que 80% des dépassements budgétaires sont dus à des raisons géotechniques : soit par méconnaissance du sol ou une négligence de ces études géotechniques. Ce qui vient conforter l'assertion d'un Chercheur affirmant « *l'étude géotechnique on la paye, soit au début ou à la fin. Et il vaudrait mieux la payer au début !!!* ».



## V.2. SIGNALISATION

Parmi les principales composantes de l'environnement routier, on trouve la signalisation. Cette dernière est de deux types :

- La signalisation verticale constituée par des panneaux ;
- La signalisation horizontale matérialisée par un marquage.

D'après les statistiques sur les accidents, la manœuvre du dépassement et le non respect de la signalisation verticale constituent une grande part dans les causes des accidents, d'où l'intérêt de l'entretien et de la maintenance de la signalisation existante ainsi que de la révision et du renouvellement des plans de signalisation.

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

L'étude de la signalisation horizontale ou verticale doit plus particulièrement concerner les points singuliers (carrefours, changement de profil en travers).

### V.2.1. Signalisation horizontale

Le marquage des chaussées doit indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation, et elle se divise en deux types :

#### a) Marquages longitudinaux

- Lignes continues (interdisant le franchissement) ;
- Lignes discontinues de type T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> ou T<sub>3</sub> (de guidage, d'avertissement) ;
- Lignes mixtes : lignes continues doublées par ligne discontinue du type T<sub>1</sub> dans le cas général (qui ne peuvent être franchies que si, la ligne discontinue se trouve la plus proche du véhicule).

*Modulation des lignes discontinues* : Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau 1.1.

**Tableau 5.2.** Modulation des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T <sub>1</sub>	3.00	10.00	~ 1/3
T <sub>2</sub>	3.00	3.50	~ 1
T <sub>3</sub>	3.00	1.33	~ 3

#### b) Marquages transversaux

- Ligne STOP : c'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt ;
- Ligne «cédez le passage » : ligne discontinue ;
- Ligne «effet des signaux » : ligne discontinue d'effet des feux de circulation ;

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

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

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

### V.2.2. Signalisation verticale

La signalisation verticale est l'ensemble des signaux conventionnels implantés verticalement sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

*Signalisation avancée* : elle regroupe les panneaux de danger (de forme triangulaire), placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler.

*Signalisation de position* : le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

*Signalisation de direction* : l'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle qui se termine par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

### V.2.3. Application au projet

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

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

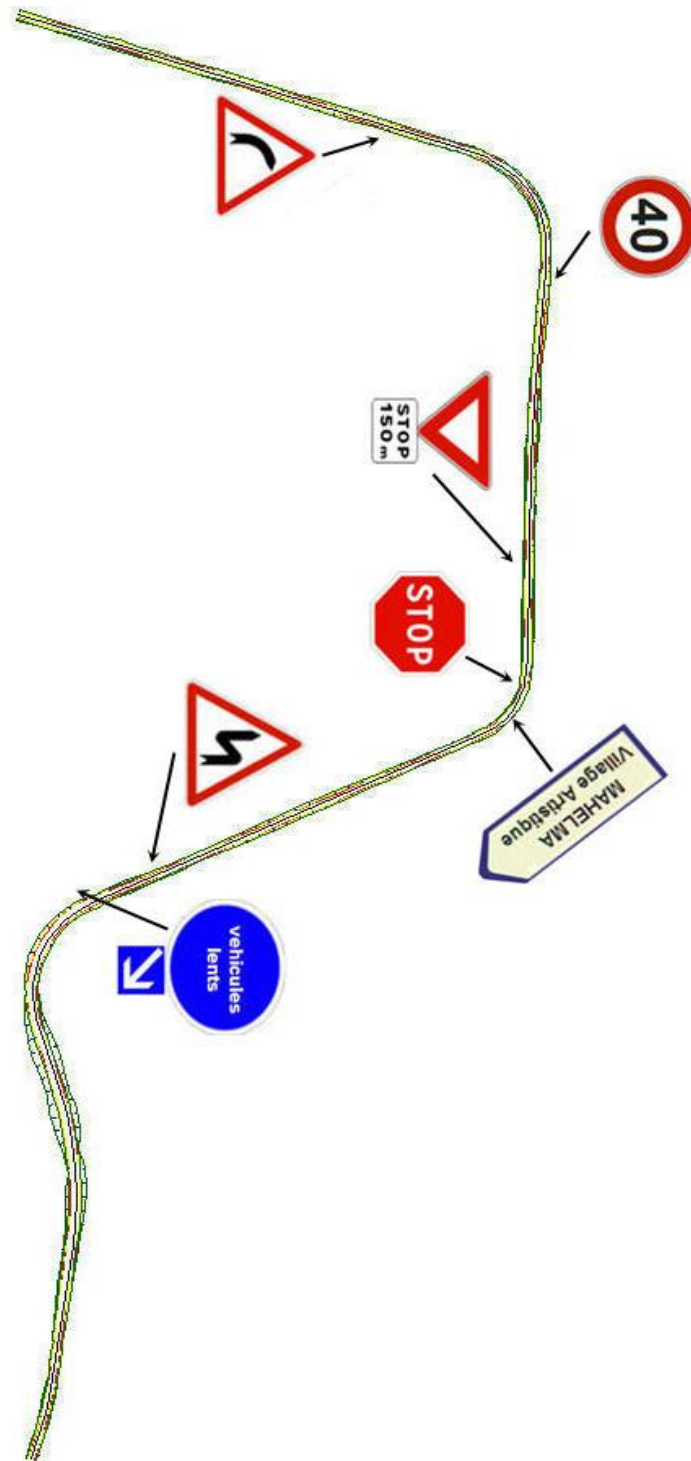


Figure 5.11. Représentation des panneaux de signalisation sur le tracé

### V.3. ECLAIRAGE

Dans un trafic en augmentation constante, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leur but est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

#### V.3.1. Catégories d'éclairages

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

Catégorie A : éclairage général d'une route ou une autoroute ;

Catégorie B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution) ;

Catégorie C : éclairage des voies dessertes ;

Catégorie D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

#### V.3.2. Paramètres de l'implantation des luminaires

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

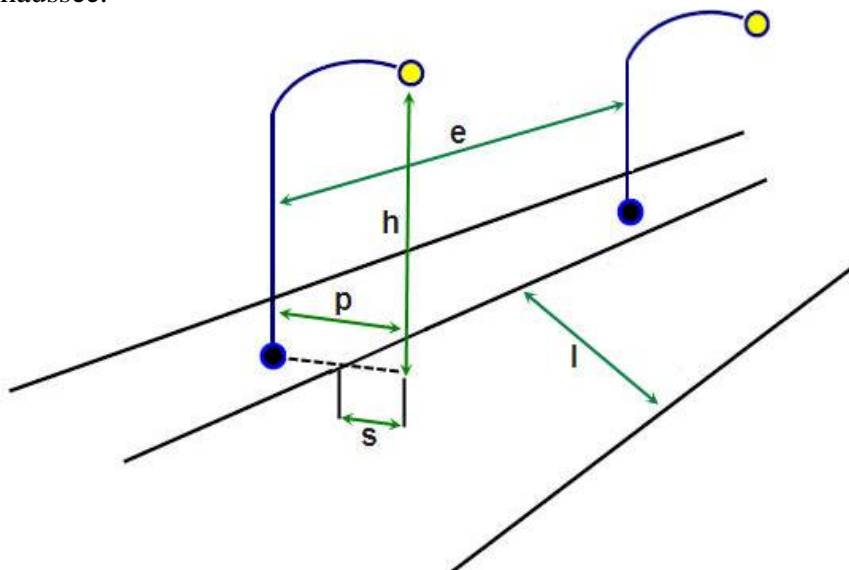


Figure 5.12. Paramètres de l'implantation des luminaires

#### V.3.3. Application au projet

**Eclairage de la voie (le long de la route) :** Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie, espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

# **DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

---

## DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1	<b>Terrassement</b>				
	Décapage de terre végétale (20 cm)	m <sup>3</sup>	5126	135	692010
	Déblais mis en Dépôt	m <sup>3</sup>	11659	250	2914750
	Déblais mis en remblais	m <sup>3</sup>	6429	450	2893050
	Total terrassement				6499810
2	<b>Chaussée</b>				
	Couche de fondation (GNT)	m <sup>3</sup>	3419	2500	8547500
	Couche de base (GB) (2.3 t/m <sup>3</sup> )	t	3737.5	3800	14202500
	Couche de roulement (BB) (2.4t/m <sup>3</sup> )	t	2340	4200	9828000
	Total chaussée (F)				32578000
3	<b>Signalisation</b>		5 % × F		1628900
4	<b>Assainissement</b>		7% × F		2280460
	<b>TOTAL</b>				<b>42987170 DA</b>

### Remarque

Ce devis est donné à titre indicatif. Les quantités sont évaluées selon les résultats de notre étude. Les prix unitaires sont forfaitaires, nous les avons relevés à partir des projets de fin d'études de l'ENTP les plus récents.

On remarquera que la signalisation et l'assainissement sont pris respectivement à 5% et 7% du cout totale de la chaussée.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

*Ce travail nous a permis de passer en revue les différentes étapes d'un projet routier.*

*Le travail réalisé a porté sur la phase APD; dans cette phase nous avons conçu le tracé géométrique et déterminé les différentes caractéristiques du projet. Ceci nous a permis de prendre connaissances des différentes normes régissant le domaine routier.*

*Par ailleurs, nous avons mis à profit l'élaboration de notre PFE pour acquérir et apprendre à utiliser un logiciel de conception routière qui est le logiciel PISTE 5. L'utilisation de ce dernier a nécessité l'apprentissage également d'une application du logiciel Auto CAD.*

*La partie dimensionnement, en plus des méthodes acquises durant nos études, nous a permis de bien comprendre comment tenir compte des divers facteurs de dimensionnement, notamment comment changer la classe d'un sol peu portant par une classe de meilleure portance.*

*Bien qu'abordées d'une manière sommaire, les parties telles que l'assainissement, le calcul des cubatures, la signalisation et le devis quantitatif et estimatif, nous ont montré d'autres aspects d'un projet routier.*

*En fin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous et nous a ouvert les portes du monde professionnel.*



# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

[1] B40 «NORMES TECHNIQUE D'AMENAGEMENT DES ROUTES». Direction des Études Générale et de la Règlementation Technique (MTP). Algérie. 1977

[2] «CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES». CTTTP. Algérie. 2001

[3] NEJI Jamel : «LE PROJET ROUTIER». Centre de Publication Universitaire. Tunis. 2005

[4] «CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES DE CHAUSSEE». Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) et Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). France. 1994

[5] «CATALOGUE DES STRUCTURES TYPES DE CHAUSSÉES NEUVES». Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) et Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). France. 1998

[6] «INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMÉNAGEMENT DES AUTOROUTES DE LIAISON». Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). France. 2000

[7] «AMENAGEMENT DES ROUTES PRINCIPALES». Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). France. 1994

- ✓ Techniques de l'Ingénieur.
- ✓ Manuel de référence du logiciel Piste 5.
- ✓ ENTP anciens mémoires de fin d'étude.
- ✓ [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## **ANNEXE A**

# **PRESENTATION DU LOGICIEL PISTE5**

---



## 1. GENERALITES

Le logiciel **Piste 5** est l'outil de base pour les bureaux d'études devant concevoir des infrastructures linéaires de génie civil, depuis le simple chemin de remembrement jusqu'au projet autoroutier en passant par les projets de renforcement de chaussée existante. Sa souplesse lui permet en outre de pouvoir traiter toutes les études modélisables par profils en travers (canaux, digues barrages, voies ferrées, travaux aéroportuaires, tranchées ...).

**Piste 5** respecte et reprend une méthode de conception basée sur 3 étapes:

- définition d'un axe en plan et d'une tabulation;
- définition le long de cet axe d'un profil en long;
- construction de profils en travers respectant le profil en long et la tabulation.

Diverses fonctions d'exploitation permettent de transférer le projet vers d'autres outils de DAO ou de conception routière, via des fichiers DXF, 2D ou 3D notamment.

Actuellement, ce produit est une référence en matière de conception routière.

## 2. METHODE DE CONCEPTION

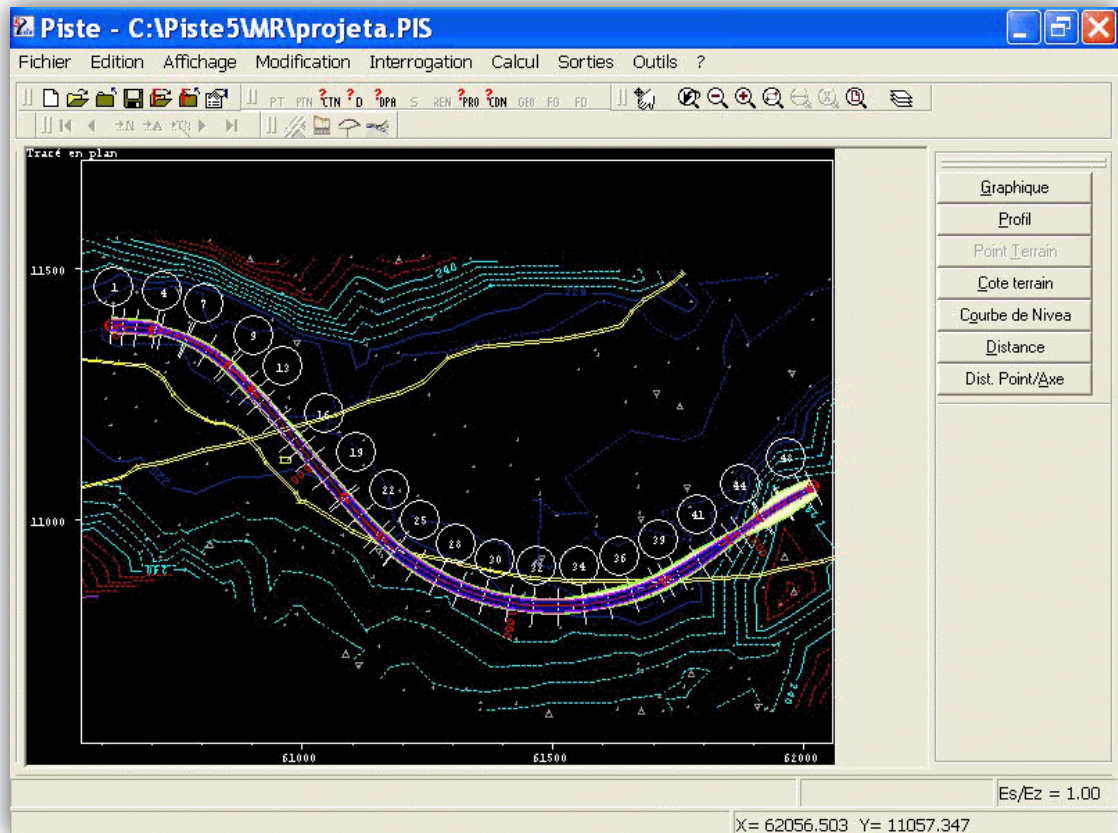
**Piste 5** respecte et reprend une méthode de conception basée sur 3 étapes:

### 2.1. Conception plane

Le module de conception plane permet la mise au point et le calcul de la projection horizontale des axes d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures.

Le module de conception plane offre les fonctionnalités suivantes :

- Définition d'éléments de base (points, distances, angles, tables de raccordement) ;
- Calcul d'éléments géométriques (cercles et droites) et d'éléments de liaison (clothoïdes, courbes en S, courbes en C et courbes à sommet) ;
- Calcul d'axes en plan définis par l'assemblage d'éléments préalablement créés et définition de leurs options de tabulation ;
- Pour chacun des axes, création d'un projet (fichier Piste), par mise en place des profils en travers lors d'une tabulation ;
- Calcul de déport d'axe facilitant l'étude de recalibrage de chaussée ;
- Impression des résultats à l'écran, sur imprimante ou dans un fichier.

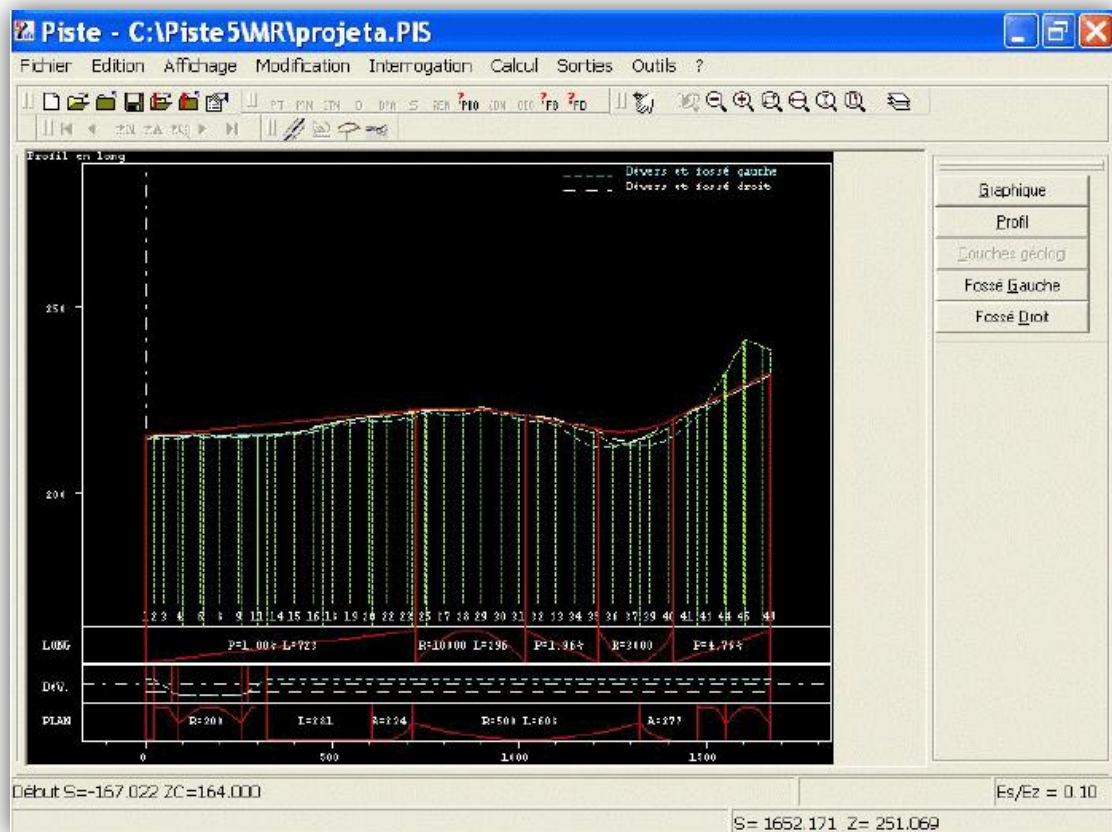


## 2.2. Conception longitudinale

Le module de conception longitudinale permet la mise au point et le calcul de la coupe verticale de l'axe en plan d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures.

Le module de conception longitudinale offre les fonctionnalités suivantes :

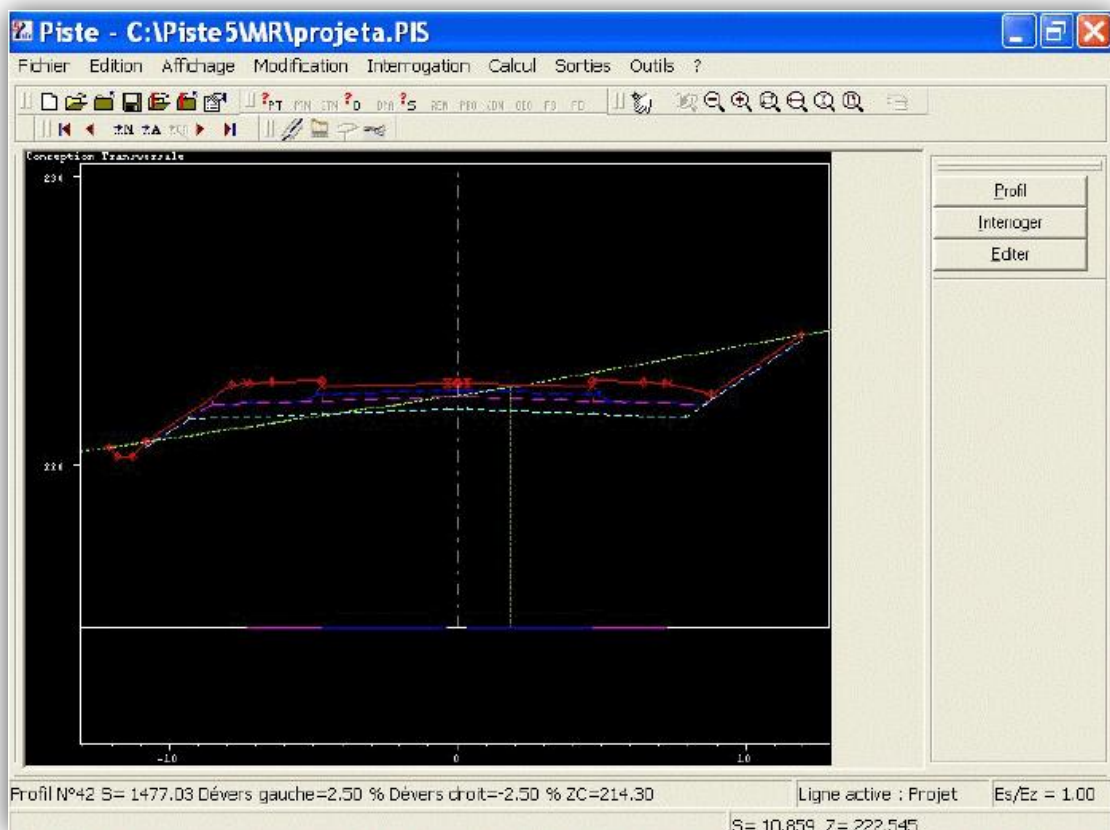
- Définition et calcul d'éléments géométriques : points, rayons, pentes, paraboles et droites ;
- Calcul d'un profil en long défini par l'assemblage d'éléments géométriques préalablement définis ou de sections de courbes cubiques définies par des points de passage ;
- Mise à jour des cotes projet au droit de l'axe ou définition et calcul d'une tabulation déterminant la mise en place des profils en travers ;
- Calcul de déports d'axe facilitant l'étude de recalibrage de chaussées ;
- Définition d'un axe en mode interactif.



### 2.3. Conception transversale

Ce module regroupe les fonctions liées à un fichier Piste existant qui doit être sélectionné à l'entrée. Les fonctions implémentées sont :

- Gestion du terrain naturel ;
- Calcul des dévers ;
- Calcul des profils projet ;
- Calcul des perspectives ;
- Visualisation du projet (tracé en plan, profil en long, profils en travers et perspectives) ;
- Composition et impression des tableaux d'édition ;
- Calculs d'implantation ;
- Dessins (tracé en plan, profil en long, profils en travers, perspectives et tracé combiné) ;
- Gestion du fond de plan ;
- Utilitaires (configuration, exportation de fichiers, etc.).



# **ANNEXE B**

## **RESULTATS DES CALCULS**



## AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	9637.260	19050.473
D1	GIS = 342.257g	446.564			
			446.564	9285.512	19325.596
L1	A = 59.000 Rf= -100.000 L = 34.810				
			481.374	9259.417	19348.565
	XC= 9333.736 YC= 19415.473 R = -100.000 L = 99.907				
			581.281	9237.256	19441.770
	Rd= -100.000 A = 59.000 L = 34.810	169.527			
			616.091	9250.219	19474.026
D2	GIS = 28.021g	112.390			
			728.481	9298.105	19575.704
L2	XC= 8212.478 YC= 20086.990 R = 1200.000	78.173			
			806.654	9329.086	19647.460
D3	GIS = 23.873g	203.507			
			1010.162	9403.626	19836.825
L3	A = 45.100 Rf= -70.000 L = 29.057				
			1039.219	9416.088	19863.013
	XC= 9474.542 YC= 19824.502 R = -70.000 L = 49.717				
			1088.936	9455.332	19891.814
	Rd= -70.000 A = 45.100 L = 29.057	107.832			
			1117.993	9484.052	19895.850
D4	GIS = 95.516g	384.313			
			1502.306	9867.412	19922.899
L4	A = 59.000 Rf= 100.000 L = 34.810				
			1537.116	9901.888	19927.352
	XC= 9877.682 YC= 20024.378 R = 100.000 L = 110.495				
			1647.611	9975.242	20002.423
	Rd= 100.000 A = 59.000 L = 34.810	180.115			

## AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			1682.421	9978.896	20036.994
D5	GIS = 3.011g	52.182			
			1734.604	9981.363	20089.118
L5	XC= 10340.961 YC= 20072.096 R = -360.000	162.891			
			1897.495	10024.993	20244.618
D6	GIS = 31.817g	137.568			
			2035.063	10090.919	20365.360
L6	XC= 10441.995 YC= 20173.668 R = -400.000	58.420			
			2093.483	10122.554	20414.412
D7	GIS = 41.115g	26.594			
			2120.077	10138.560	20435.650
LONGUEUR DE L'AXE 2120.077					

2 / 2

## PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	48.693
D1	PENTE= 0.493 %	514.446		
			514.446	51.231
PR1	S= 508.5258 Z= 51.2166 R = 1200.00	50.991		
			565.438	52.566
D2	PENTE= 4.743 %	510.854		
			1076.291	76.794
PR2	S= 1019.3796 Z= 75.4446 R = 1200.00	7.417		
			1083.709	77.169
D3	PENTE= 5.361 %	330.955		
			1414.664	94.911
PR3	S= 1350.3351 Z= 93.1863 R = 1200.00	82.432		
			1497.096	102.161
D4	PENTE= 12.230 %	354.526		
			1851.622	145.520
PR4	S= 2035.0731 Z= 156.7376 R = -1500.00	75.396		
			1927.018	152.846
D5	PENTE= 7.204 %	193.059		
			2120.077	166.753
LONGUEUR DE L'AXE 2120.077				

1 / 1

## TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	48.693	48.693	9637.260	19050.473	42.257g	2.50	-2.50
2	20.000	48.747	48.792	9621.506	19062.794	42.257g	2.50	-2.50
3	40.000	48.796	48.890	9605.753	19075.116	42.257g	2.50	-2.50
4	60.000	48.903	48.989	9589.999	19087.438	42.257g	2.50	-2.50
5	80.000	49.261	49.088	9574.246	19099.760	42.257g	2.50	-2.50
6	100.000	49.536	49.186	9558.492	19112.082	42.257g	2.50	-2.50
7	120.000	49.439	49.285	9542.739	19124.403	42.257g	2.50	-2.50
8	140.000	49.355	49.384	9526.985	19136.725	42.257g	2.50	-2.50
9	160.000	49.777	49.482	9511.231	19149.047	42.257g	2.50	-2.50
10	180.000	49.243	49.581	9495.478	19161.369	42.257g	2.50	-2.50
11	200.000	49.374	49.680	9479.724	19173.691	42.257g	2.50	-2.50
12	220.000	49.531	49.778	9463.971	19186.012	42.257g	2.50	-2.50
13	240.000	49.223	49.877	9448.217	19198.334	42.257g	2.50	-2.50
14	260.000	49.349	49.976	9432.464	19210.656	42.257g	2.50	-2.50
15	280.000	49.298	50.074	9416.710	19222.978	42.257g	2.50	-2.50
16	300.000	49.377	50.173	9400.957	19235.300	42.257g	2.50	-2.50
17	320.000	49.288	50.272	9385.203	19247.621	42.257g	2.50	-2.50
18	340.000	49.375	50.371	9369.450	19259.943	42.257g	2.50	-2.50
19	360.000	49.814	50.469	9353.696	19272.265	42.257g	2.50	-2.50
20	380.000	49.683	50.568	9337.943	19284.587	42.257g	2.50	-2.50
21	400.000	50.165	50.667	9322.189	19296.909	42.257g	2.50	-2.50
22	420.000	50.276	50.765	9306.436	19309.230	42.257g	2.50	-2.50
23	440.000	50.698	50.864	9290.682	19321.552	42.257g	2.50	-2.50
24	446.564	50.755	50.896	9285.512	19325.596	42.257g	2.50	-2.50
25	460.000	51.286	50.963	9275.001	19333.965	43.908g	-0.52	-2.50
26	480.000	50.960	51.061	9260.344	19347.550	52.480g	-5.02	-5.02
27	481.374	50.972	51.068	9259.417	19348.565	53.337g	-5.33	-5.33
28	500.000	51.485	51.160	9248.312	19363.485	65.195g	-5.33	-5.33
29	520.000	52.194	51.271	9239.687	19381.492	77.927g	-5.33	-5.33
30	540.000	52.530	51.629	9234.810	19400.854	90.660g	-5.33	-5.33
31	560.000	52.656	52.321	9233.878	19420.799	103.392g	-5.33	-5.33
32	580.000	53.356	53.257	9236.927	19440.532	116.124g	-5.33	-5.33
33	581.281	53.405	53.318	9237.256	19441.770	116.940g	-5.33	-5.33
34	600.000	53.902	54.205	9243.544	19459.385	125.653g	-1.12	-2.50
35	616.091	54.497	54.968	9250.219	19474.026	128.021g	2.50	-2.50
36	620.000	54.418	55.154	9251.884	19477.562	128.021g	2.50	-2.50
37	640.000	55.606	56.102	9260.406	19495.656	128.021g	2.50	-2.50
38	660.000	55.875	57.051	9268.927	19513.749	128.021g	2.50	-2.50
39	680.000	56.652	57.999	9277.449	19531.843	128.021g	2.50	-2.50
40	700.000	58.152	58.948	9285.970	19549.937	128.021g	2.50	-2.50
41	720.000	59.823	59.896	9294.492	19568.031	128.021g	2.50	-2.50
42	728.481	60.833	60.299	9298.105	19575.704	128.021g	2.50	-2.50
43	740.000	61.649	60.845	9302.963	19586.148	127.410g	2.50	-2.50
44	760.000	63.036	61.794	9311.159	19604.391	126.348g	2.50	-2.50
45	780.000	63.573	62.742	9319.049	19622.769	125.287g	2.50	-2.50
46	800.000	64.279	63.691	9326.632	19641.275	124.226g	2.50	-2.50
47	806.654	64.421	64.006	9329.086	19647.460	123.873g	2.50	-2.50
48	820.000	64.567	64.639	9333.975	19659.879	123.873g	2.50	-2.50
49	840.000	65.524	65.588	9341.300	19678.489	123.873g	2.50	-2.50
50	860.000	66.355	66.536	9348.626	19697.099	123.873g	2.50	-2.50
51	880.000	67.266	67.485	9355.951	19715.709	123.873g	2.50	-2.50
52	900.000	68.410	68.433	9363.277	19734.319	123.873g	2.50	-2.50
53	920.000	69.664	69.382	9370.602	19752.929	123.873g	2.50	-2.50
54	940.000	70.854	70.330	9377.928	19771.539	123.873g	2.50	-2.50

## TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
55	960.000	71.925	71.279	9385.253	19790.150	123.873g	2.50	-2.50
56	980.000	73.253	72.227	9392.579	19808.760	123.873g	2.50	-2.50
57	1000.000	73.734	73.176	9399.904	19827.370	123.873g	2.50	-2.50
58	1010.162	73.907	73.658	9403.626	19836.825	123.873g	2.50	-2.50
59	1020.000	74.208	74.124	9407.302	19845.951	125.388g	-0.39	-2.50
60	1039.219	74.991	75.036	9416.088	19863.013	137.087g	-6.05	-6.05
61	1040.000	75.027	75.073	9416.521	19863.663	137.797g	-6.05	-6.05
62	1060.000	75.894	76.021	9429.911	19878.428	155.986g	-6.05	-6.05
63	1080.000	76.970	76.976	9446.919	19888.821	174.175g	-6.05	-6.05
64	1088.936	77.338	77.449	9455.332	19891.814	182.302g	-6.05	-6.05
65	1100.000	78.213	78.042	9466.148	19894.108	190.449g	-2.79	-2.79
66	1117.993	78.789	79.007	9484.052	19895.850	195.516g	2.50	-2.50
67	1120.000	78.884	79.114	9486.053	19895.991	195.516g	2.50	-2.50
68	1140.000	79.739	80.186	9506.004	19897.399	195.516g	2.50	-2.50
69	1160.000	80.395	81.259	9525.954	19898.806	195.516g	2.50	-2.50
70	1180.000	81.479	82.331	9545.905	19900.214	195.516g	2.50	-2.50
71	1200.000	82.505	83.403	9565.855	19901.622	195.516g	2.50	-2.50
72	1220.000	83.441	84.475	9585.805	19903.029	195.516g	2.50	-2.50
73	1240.000	84.408	85.547	9605.756	19904.437	195.516g	2.50	-2.50
74	1260.000	85.325	86.619	9625.706	19905.845	195.516g	2.50	-2.50
75	1280.000	86.177	87.692	9645.657	19907.252	195.516g	2.50	-2.50
76	1300.000	87.237	88.764	9665.607	19908.660	195.516g	2.50	-2.50
77	1320.000	88.285	89.836	9685.557	19910.068	195.516g	2.50	-2.50
78	1340.000	89.592	90.908	9705.508	19911.475	195.516g	2.50	-2.50
79	1360.000	90.801	91.980	9725.458	19912.883	195.516g	2.50	-2.50
80	1380.000	92.104	93.052	9745.409	19914.291	195.516g	2.50	-2.50
81	1400.000	93.673	94.124	9765.359	19915.698	195.516g	2.50	-2.50
82	1420.000	95.556	95.208	9785.309	19917.106	195.516g	2.50	-2.50
83	1440.000	97.144	96.536	9805.260	19918.514	195.516g	2.50	-2.50
84	1460.000	98.702	98.197	9825.210	19919.921	195.516g	2.50	-2.50
85	1480.000	100.721	100.192	9845.161	19921.329	195.516g	2.50	-2.50
86	1500.000	102.652	102.516	9865.111	19922.737	195.516g	2.50	-2.50
87	1502.306	102.719	102.798	9867.412	19922.899	195.516g	2.50	-2.50
88	1520.000	104.546	104.962	9885.039	19924.409	192.653g	2.50	1.48
89	1537.116	106.682	107.055	9901.888	19927.352	184.435g	5.33	5.33
90	1540.000	107.354	107.408	9904.676	19928.090	182.599g	5.33	5.33
91	1560.000	109.045	109.854	9923.267	19935.372	169.867g	5.33	5.33
92	1580.000	110.798	112.300	9940.041	19946.203	157.134g	5.33	5.33
93	1600.000	113.088	114.746	9954.329	19960.150	144.402g	5.33	5.33
94	1620.000	116.441	117.192	9965.561	19976.658	131.670g	5.33	5.33
95	1640.000	119.898	119.638	9973.290	19995.068	118.937g	5.33	5.33
96	1647.611	121.391	120.569	9975.242	20002.423	114.092g	5.33	5.33
97	1660.000	123.457	122.084	9977.298	20014.635	107.608g	2.54	2.54
98	1680.000	128.173	124.530	9978.781	20034.575	103.065g	2.50	-1.96
99	1682.421	128.662	124.826	9978.896	20036.994	103.011g	2.50	-2.50
100	1700.000	131.809	126.976	9979.727	20054.553	103.011g	2.50	-2.50
101	1720.000	133.923	129.422	9980.673	20074.530	103.011g	2.50	-2.50
102	1734.604	135.392	131.208	9981.363	20089.118	103.011g	2.50	-2.50
103	1740.000	136.002	131.868	9981.659	20094.506	103.966g	2.50	-2.50
104	1760.000	138.971	134.314	9983.458	20114.422	107.502g	2.50	-2.50
105	1780.000	140.313	136.760	9986.360	20134.208	111.039g	2.50	-2.50
106	1800.000	142.553	139.206	9990.356	20153.802	114.576g	2.50	-2.50
107	1820.000	143.563	141.652	9995.433	20173.144	118.113g	2.50	-2.50
108	1840.000	146.100	144.098	10001.577	20192.174	121.649g	2.50	-2.50

## TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
109	1860.000	148.467	146.521	10008.769	20210.834	125.186g	2.50	-2.50
110	1880.000	149.642	148.722	10016.985	20229.065	128.723g	2.50	-2.50
111	1897.495	150.840	150.428	10024.993	20244.618	131.817g	2.50	-2.50
112	1900.000	151.017	150.656	10026.193	20246.817	131.817g	2.50	-2.50
113	1920.000	152.449	152.324	10035.778	20264.371	131.817g	2.50	-2.50
114	1940.000	154.123	153.781	10045.362	20281.924	131.817g	2.50	-2.50
115	1960.000	155.509	155.222	10054.947	20299.478	131.817g	2.50	-2.50
116	1980.000	156.816	156.662	10064.531	20317.032	131.817g	2.50	-2.50
117	2000.000	158.066	158.103	10074.116	20334.586	131.817g	2.50	-2.50
118	2020.000	159.154	159.544	10083.701	20352.140	131.817g	2.50	-2.50
119	2035.063	160.539	160.629	10090.919	20365.360	131.817g	2.50	-2.50
120	2040.000	161.034	160.985	10093.312	20369.679	132.603g	2.50	-2.50
121	2060.000	162.943	162.425	10103.544	20386.861	135.786g	2.50	-2.50
122	2080.000	164.346	163.866	10114.622	20403.510	138.969g	2.50	-2.50
123	2093.483	165.349	164.837	10122.554	20414.412	141.115g	2.50	-2.50
124	2100.000	165.829	165.307	10126.476	20419.616	141.115g	2.50	-2.50
125	2120.000	166.750	166.747	10138.514	20435.588	141.115g	2.50	-2.50
126	2120.077	166.753	166.753	10138.560	20435.650	141.115g	2.50	-2.50

## VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	15.2	7.0	4.2	0.0	0.0
2	20.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
3	40.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
4	60.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
5	80.000	29.2	14.0	8.4	0.0	0.0
6	100.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
7	120.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
8	140.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
9	160.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
10	180.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
11	200.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
12	220.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
13	240.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
14	260.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
15	280.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
16	300.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
17	320.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
18	340.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
19	360.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
20	380.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
21	400.000	31.1	14.0	8.4	0.0	0.0
22	420.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
23	440.000	20.3	9.3	5.6	0.0	0.0
24	446.564	15.6	7.0	4.2	0.0	0.0
25	460.000	24.3	11.7	7.0	0.0	0.0
26	480.000	16.3	7.5	4.5	0.0	0.0
27	481.374	15.3	7.0	4.2	0.0	0.0
28	500.000	28.5	13.5	8.1	0.0	0.0
29	520.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
30	540.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
31	560.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
32	580.000	16.0	7.4	4.5	0.0	0.0
33	581.281	15.2	7.0	4.2	0.0	0.0
34	600.000	26.6	12.2	7.3	0.0	0.0
35	616.091	15.3	7.0	4.2	0.0	0.0
36	620.000	18.2	8.4	5.0	0.0	0.0
37	640.000	31.8	14.0	8.4	0.0	0.0
38	660.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
39	680.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
40	700.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
41	720.000	21.5	10.0	6.0	0.0	0.0
42	728.481	14.5	7.0	4.2	0.0	0.0
43	740.000	22.9	11.0	6.6	0.0	0.0
44	760.000	28.9	14.0	8.4	0.0	0.0
45	780.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
46	800.000	19.3	9.3	5.6	0.0	0.0
47	806.654	14.5	7.0	4.2	0.0	0.0
48	820.000	25.4	11.7	7.0	0.0	0.0
49	840.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
50	860.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
51	880.000	30.5	14.0	8.4	0.0	0.0
52	900.000	28.9	14.0	8.4	0.0	0.0
53	920.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
54	940.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0

## VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
55	960.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
56	980.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
57	1000.000	21.9	10.6	6.3	0.0	0.0
58	1010.162	14.5	7.0	4.2	0.0	0.0
59	1020.000	20.9	10.2	6.1	0.0	0.0
60	1039.219	15.3	7.0	4.2	0.0	0.0
61	1040.000	15.9	7.3	4.4	0.0	0.0
62	1060.000	30.4	14.0	8.4	0.0	0.0
63	1080.000	22.0	10.1	6.1	0.0	0.0
64	1088.936	14.7	7.0	4.2	0.0	0.0
65	1100.000	21.1	10.2	6.1	0.0	0.0
66	1117.993	14.4	7.0	4.2	0.0	0.0
67	1120.000	15.9	7.7	4.6	0.0	0.0
68	1140.000	31.4	14.0	8.4	0.0	0.0
69	1160.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
70	1180.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
71	1200.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
72	1220.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
73	1240.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
74	1260.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
75	1280.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
76	1300.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
77	1320.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
78	1340.000	31.9	14.0	8.4	0.0	0.0
79	1360.000	31.8	14.0	8.4	0.0	0.0
80	1380.000	32.0	14.0	8.4	0.0	0.0
81	1400.000	29.9	14.0	8.4	0.0	0.0
82	1420.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
83	1440.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
84	1460.000	29.4	14.0	8.4	0.0	0.0
85	1480.000	31.4	15.6	9.3	0.0	0.0
86	1500.000	18.8	9.5	5.7	0.0	0.0
87	1502.306	17.5	8.7	5.2	0.0	0.0
88	1520.000	34.1	16.3	9.8	0.0	0.0
89	1537.116	20.0	10.1	6.1	0.0	0.0
90	1540.000	23.0	11.6	7.0	0.0	0.0
91	1560.000	41.6	20.3	12.2	0.0	0.0
92	1580.000	41.6	20.3	12.2	0.0	0.0
93	1600.000	41.6	20.3	12.2	0.0	0.0
94	1620.000	41.6	20.3	12.2	0.0	0.0
95	1640.000	26.7	14.0	8.4	0.0	0.0
96	1647.611	19.3	10.1	6.1	0.0	0.0
97	1660.000	31.0	16.3	9.8	0.0	0.0
98	1680.000	21.4	11.3	6.8	0.0	0.0
99	1682.421	19.0	10.0	6.0	0.0	0.0
100	1700.000	35.7	18.8	11.3	0.0	0.0
101	1720.000	32.9	17.3	10.4	0.0	0.0
102	1734.604	19.0	10.0	6.0	0.0	0.0
103	1740.000	24.0	12.6	7.6	0.0	0.0
104	1760.000	37.9	19.9	12.0	0.0	0.0
105	1780.000	37.9	19.9	12.0	0.0	0.0
106	1800.000	37.9	19.9	12.0	0.0	0.0
107	1820.000	39.3	19.9	12.0	0.0	0.0
108	1840.000	37.9	19.9	12.0	0.0	0.0

## VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
109	1860.000	37.9	19.9	12.0	0.0	0.0
110	1880.000	35.5	18.7	11.2	0.0	0.0
111	1897.495	18.9	10.0	6.0	0.0	0.0
112	1900.000	21.4	11.3	6.8	0.0	0.0
113	1920.000	36.9	19.2	11.6	0.0	0.0
114	1940.000	35.8	18.5	11.1	0.0	0.0
115	1960.000	34.6	17.7	10.6	0.0	0.0
116	1980.000	33.5	17.0	10.2	0.0	0.0
117	2000.000	30.8	14.0	8.4	0.0	0.0
118	2020.000	28.0	12.3	7.4	0.0	0.0
119	2035.063	15.2	7.0	4.2	0.0	0.0
120	2040.000	18.1	8.7	5.2	0.0	0.0
121	2060.000	29.0	14.0	8.4	0.0	0.0
122	2080.000	24.3	11.7	7.0	0.0	0.0
123	2093.483	14.5	7.0	4.2	0.0	0.0
124	2100.000	19.2	9.3	5.6	0.0	0.0
125	2120.000	14.6	7.0	4.2	0.0	0.0
126	2120.077	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
		3419	1625	975	0	0



## VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	1.0	21.1	20.7	0.0
2	20.000	5.9	30.4	40.8	0.0
3	40.000	10.2	24.4	40.7	0.0
4	60.000	11.7	27.9	41.3	0.0
5	80.000	0.2	64.7	40.0	0.0
6	100.000	0.8	99.7	43.8	0.0
7	120.000	0.2	64.7	40.5	0.0
8	140.000	3.9	31.4	40.3	0.0
9	160.000	0.8	84.8	43.0	0.0
10	180.000	35.4	10.4	40.4	0.0
11	200.000	32.5	5.7	39.4	0.0
12	220.000	33.0	3.0	39.8	0.0
13	240.000	95.6	0.0	39.4	0.0
14	260.000	93.8	0.0	39.7	0.0
15	280.000	118.8	0.0	40.4	0.0
16	300.000	117.8	0.0	40.3	0.0
17	320.000	159.9	0.0	42.3	0.0
18	340.000	163.3	0.0	42.9	0.0
19	360.000	96.7	0.0	39.6	0.0
20	380.000	157.4	0.0	43.3	0.0
21	400.000	67.6	0.0	38.0	0.0
22	420.000	68.8	0.0	38.7	0.0
23	440.000	10.7	9.5	26.0	0.0
24	446.564	4.6	0.0	17.7	0.0
25	460.000	0.1	75.9	33.8	0.0
26	480.000	13.7	14.8	22.5	0.0
27	481.374	13.0	16.0	21.3	0.0
28	500.000	0.2	85.6	39.9	0.0
29	520.000	0.3	214.5	49.0	0.0
30	540.000	0.3	201.5	48.3	0.0
31	560.000	0.5	94.5	44.2	0.0
32	580.000	0.5	22.1	21.0	0.0
33	581.281	1.2	19.3	19.8	0.0
34	600.000	29.0	3.0	34.2	0.0
35	616.091	36.5	2.5	21.2	0.0
36	620.000	65.3	0.6	26.0	0.0
37	640.000	64.1	0.0	37.8	0.0
38	660.000	197.7	0.0	42.8	0.0
39	680.000	226.2	0.0	44.4	0.0
40	700.000	126.4	0.0	41.1	0.0
41	720.000	0.8	12.8	27.5	0.0
42	728.481	0.2	71.8	23.1	0.0
43	740.000	0.0	160.4	34.7	0.0
44	760.000	0.0	274.7	45.0	0.0
45	780.000	0.0	208.8	43.7	0.0
46	800.000	0.3	104.1	32.1	0.0
47	806.654	0.2	64.0	23.5	0.0
48	820.000	3.6	34.6	34.3	0.0
49	840.000	11.5	31.9	41.9	0.0
50	860.000	3.7	42.7	42.7	0.0
51	880.000	23.9	19.1	40.7	0.0
52	900.000	0.4	32.6	39.3	0.0
53	920.000	0.5	88.6	44.7	0.0
54	940.000	0.5	137.3	46.8	0.0

## VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
55	960.000	0.4	178.2	49.5	0.0
56	980.000	0.3	244.6	50.6	0.0
57	1000.000	0.3	113.0	36.0	0.0
58	1010.162	0.3	47.5	22.7	0.0
59	1020.000	0.2	35.6	28.4	0.0
60	1039.219	5.3	10.3	19.6	0.0
61	1040.000	5.1	10.5	20.3	0.0
62	1060.000	8.9	8.8	39.9	0.0
63	1080.000	7.1	24.5	29.2	0.0
64	1088.936	1.0	8.3	19.2	0.0
65	1100.000	0.6	52.6	30.3	0.0
66	1117.993	4.5	1.3	18.2	0.0
67	1120.000	5.2	0.5	18.4	0.0
68	1140.000	32.8	0.0	35.2	0.0
69	1160.000	104.8	0.0	38.8	0.0
70	1180.000	108.6	0.0	38.9	0.0
71	1200.000	142.1	0.0	41.5	0.0
72	1220.000	168.7	0.0	42.6	0.0
73	1240.000	197.7	0.0	43.8	0.0
74	1260.000	235.6	0.0	45.6	0.0
75	1280.000	286.0	0.0	47.8	0.0
76	1300.000	271.7	0.0	45.7	0.0
77	1320.000	293.5	0.0	47.7	0.0
78	1340.000	228.3	0.0	44.1	0.0
79	1360.000	187.3	0.0	42.4	0.0
80	1380.000	132.0	0.0	40.3	0.0
81	1400.000	31.8	0.1	34.2	0.0
82	1420.000	0.0	76.0	37.3	0.0
83	1440.000	0.0	155.0	41.7	0.0
84	1460.000	0.0	142.2	41.9	0.0
85	1480.000	0.5	151.7	52.7	0.0
86	1500.000	0.1	34.5	26.2	0.0
87	1502.306	3.9	15.2	22.6	0.0
88	1520.000	84.0	0.0	49.7	0.0
89	1537.116	66.6	1.9	29.2	0.0
90	1540.000	83.7	15.3	34.5	0.0
91	1560.000	248.3	0.0	57.7	0.0
92	1580.000	488.6	0.0	64.5	0.0
93	1600.000	541.5	0.0	66.3	0.0
94	1620.000	242.3	0.0	57.6	0.0
95	1640.000	0.4	50.6	36.1	0.0
96	1647.611	0.2	114.2	30.2	0.0
97	1660.000	0.3	375.9	57.7	0.0
98	1680.000	0.2	778.2	53.6	0.0
99	1682.421	0.2	731.0	48.5	0.0
100	1700.000	0.2	1788.8	96.2	0.0
101	1720.000	0.0	1444.7	81.2	0.0
102	1734.604	0.1	717.3	43.6	0.0
103	1740.000	0.3	873.6	55.8	0.0
104	1760.000	0.3	1880.5	103.6	0.0
105	1780.000	0.5	1420.0	100.1	0.0
106	1800.000	0.0	996.2	63.8	0.0
107	1820.000	3.4	541.2	67.2	0.0
108	1840.000	0.6	668.1	79.3	0.0

## VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
109	1860.000	0.3	609.4	72.9	0.0
110	1880.000	0.5	261.0	60.2	0.0
111	1897.495	0.2	86.0	28.6	0.0
112	1900.000	0.2	89.4	32.2	0.0
113	1920.000	0.8	76.4	53.6	0.0
114	1940.000	0.5	130.2	53.3	0.0
115	1960.000	0.5	108.7	49.9	0.0
116	1980.000	1.5	71.3	48.3	0.0
117	2000.000	1.8	11.8	35.0	0.0
118	2020.000	79.8	0.0	36.7	0.0
119	2035.063	2.9	5.7	19.4	0.0
120	2040.000	0.5	25.9	26.0	0.0
121	2060.000	0.4	129.9	45.1	0.0
122	2080.000	0.3	100.8	37.1	0.0
123	2093.483	0.2	62.2	22.2	0.0
124	2100.000	0.2	86.3	29.7	0.0
125	2120.000	0.7	14.2	20.0	0.0
126	2120.077	0.0	0.1	0.1	0.0
		6429	18088	5126	0

## **ANNEXE C**

# **GLOSSAIRE DES TERMES UTILISES DANS LE DOMAINE ROUTIER**

---

**Accotement** : Élément de la route comprenant une bande dérasée, constituée d'une surlageur de chaussée et d'une bande stabilisée ou revêtue, et la berme.

**Axe de référence** : Axe servant de base à la construction des profils en travers. Appelé aussi ligne rouge.

**Axe en plan** : Ligne définie dans un plan horizontal. C'est la projection de l'axe de référence sur le plan horizontal. Il est constitué d'une suite continue d'éléments géométriques simples. Dans le domaine routier, la continuité de la dérivée seconde (ou de la courbure) est assurée à la jonction entre chaque élément.

**Bande dérasée** : Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle. Elle comporte le marquage en rive.

**Berme** : Zone située immédiatement à l'extérieur de la bande dérasée. Elle est généralement engazonnée. Elle supporte certains panneaux de signalisation et d'éventuels équipements.

**Clothoïde** : Ligne géométrique assurant un raccordement progressif entre un alignement droit et un cercle. Elle est définie par une relation de proportionnalité entre l'abscisse curviligne d'un point de la courbe et le rayon de courbure en ce point. Le coefficient de proportionnalité s'appelle le paramètre de la clothoïde.

**Déblai** : Volume de matériau extrait du terrain naturel.

**Dévers** : Inclinaison donnée à certains éléments constituant le profil en travers, facilitant l'évacuation de l'eau de ruissellement, appliquée généralement aux courbes de la route.

**Fossé** : Tranchée creusée parallèlement à la route, permettant l'évacuation des eaux internes ou de ruissellement.

**Plan de comparaison** : Origine altimétrique du dessin pour le profil en long et les profils en travers.

**Plate-forme** : Pour un projet routier, une plate-forme est constituée d'une ou deux chaussées, des accotements et, éventuellement, d'un terreplein central.

**Point de rotation des dévers** : Point sur lequel est basé le calcul des dévers.

**Profil en long** : Ligne définie dans un plan vertical qui s'applique à l'axe en plan, ayant pour abscisse, l'abscisse curviligne et pour ordonnée, la cote projet.

**Profil en travers** : Représentation des différents constituants d'une infrastructure réalisée suivant une coupe dans un plan vertical et perpendiculaire à son axe en plan.

**Profil en travers type** : Pour un projet routier, le profil en travers type est constitué d'une plate-forme type et de deux talus type en déblai et en remblai.

**Remblai** : Volume de matériau à rajouter au terrain naturel.

**Talus** : Terrain en pente faisant la liaison entre la plate-forme et le terrain naturel. Le talus de remblai surplombe la plate-forme et en est séparé par un fossé destiné à recevoir les eaux de ruissellement. Le talus de déblai se trouve en contrebas de la plate-forme.

**Terre-plein central (TPC)** : Espace aménagé séparant deux chaussées à sens opposés, comportant les deux bandes dérasées de gauche (BDG) et la bande médiane.

**Zone d'application** : Une zone d'application représente la zone comprise entre deux abscisses curvilignes d'une section linéaire sur laquelle on applique un profil en travers type.