



N° d'ordre : M ...../GCA/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière :** Travaux Publics.

**Spécialité :** Voies et Ouvrages d'art (VOA)

### *Thème*

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER  
SUR 5,0 KM DU PK19+000 AU PK24+000 DE LA PÉNÉTRANTE  
RELIANT MOSTAGANEM À L'AUTOROUTE EST-OUEST**

**Présenté par :**

- Mr. BENSALD Ahmed
- Mr. HENNI MOSTEFA Moulay

***Soutenu le 28 / 06 / 2020 devant le jury composé de :***

**Président :** Mr. ZAOUI Mohamed

**Examinatrice :** Mme ELMASCRI Setti

**Encadrant :** Mr. BENDANI Karim

**Co-Encadreur :** Mr. CHERIF Mourad

**Année Universitaire : 2019 / 2020**

## REMERCIEMENT

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

Nous tenons à remercier nos encadreurs Mr BENDANI KARIM et Mr CHERIF Mourad ; Pour leurs précieux conseils et orientations, nous remercions vivement et infiniment, Mr BOUHALLOUFA Ahmed; Mr MOKHTARI Cherif; Mr ATHMANI Djilali pour tout ce qu'ils ont fait pour nous, sans oublier toute l'équipe de l'Algérienne des Autoroutes (ADA).

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Aussi nous remercions tout le personnel de département de Génie Civil.

Enfin, nos pensées à tous ceux qui nous ont aidé pour la réalisation de ce modeste travail.

*Mr: BENSALD Ahmed*

*Mr: HENNI MOSTEFA Moulay*

# *Dédicace*

*Tout d'abord je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé à arriver jusqu' à ce niveau d'études, et de réaliser ce modeste travail, que je dédie :*

- ✓ A mes très chers parents, et que Dieu le tout puissant les gradés en bonne santé.*
- ✓ A mon encadreur : BENDANI Karim*
- ✓ Messieurs: CHERIF Mourad ; BOUHALLOUFA Ahmed.*
- ✓ A mon binome Moulay.*
- ✓ A mes frères et mes sœurs et leurs enfants.*
- ✓ A mes amis : Athmani Djilali, A.Samira, B.Hadjer, Cherif Mokhtari.*

*A mes amis de L' ADA et de Département de Génie Civil.*

*À toute la promotion 2020.*

*Enfin à toutes personnes qui m'ont soutenu et aidé à réaliser ce travail.*

***BENSAID AHMED***

# Dédicace

*Je tiens à dédier ce modeste travail :*

- ✓ *A la lumière de ma vie, ma très chère mère et mon cher père, que dieu les gardes pour moi.*
- ✓ *A ma chère épouse et à mon fils Abderrahmane et à ma petite fille Eileen*
- ✓ *A mes chers frères et sœurs et leurs enfants*
- ✓ *A Messieurs : Karim BENDANI, CHERIF Mourad, BOUHALLOUFA Ahmed.*
- ✓ *A la famille Henni Mostefa et Elkatroussi et SiMerabet*
- ✓ *A mon cher ami Bensaid Ahmed et à Mr Athmani Djilali*
- ✓ *-A tous mes amis : Antar ; cheriet...*

*A tous ceux qui me sont chers ;*

*Je dédie ce travail pour leur exprimer ma gratitude et ma reconnaissance.*

*Henni mostefa moulay*

# SOMMAIRE

REMERCIEMENT	
DEDICACE	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
ملخص	
RESUMÉ	
ABSTRACT	

Pages

## **CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET..... 01**

I-1- INTRODUCTION .....	<b>02</b>
I-2- CATEGORIES DE LA ROUTE .....	<b>03</b>
I-3- PRESENTATION DU PROJET .....	<b>04</b>
I-4- OBJECTIF DE PROJET .....	<b>06</b>
I-5- DONNEES DE BASE .....	<b>07</b>

## **CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC ..... 08**

II-1- INTRODUCTION .....	<b>09</b>
II-2- ANALYSE DU TRAFIC. ....	<b>09</b>
II-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS. ....	<b>10</b>
II-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC .....	<b>10</b>
II-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ .....	<b>12</b>
APPLICATION AU PROJET.....	<b>16</b>

## **CHAPITRE III : TRACÉ EN PLAN ..... 18**

III-1- INTRODUCTION .....	<b>19</b>
III-2- TRACE EN PLAN .....	<b>19</b>
III-3- ETUDE DES VARIANTES.....	<b>22</b>
➤ Etude de la variante N°01.....	<b>24</b>
➤ Etude de la variante N°02.....	<b>41</b>

## **CHAPITRE IV : LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES ..... 55**

IV-1- DEVERS .....	<b>56</b>
IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT .....	<b>58</b>

## **CHAPITRE V : PROFIL EN LONG ..... 67**

# SOMMAIRE - Suite

V -1- INTRODUCTION .....	68
V -2- LIGNE PROJET .....	68
V -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG .....	73
<b>CHAPITRE VI : CINÉMATIQUE .....</b>	<b>76</b>
VI -1- LES PARAMETRES CINEMATQUES .....	77
<b>CHAPITRE VII : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES .....</b>	<b>85</b>
VII -1- INTRODUCTION.....	86
VII .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE .....	86
VII -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	87
VII-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE .....	88
VII -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES .....	89
VII-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	92
VII-7- CUBATURES .....	99
<b>CHAPITRE VIII : IMPLANTATION .....</b>	<b>112</b>
VIII-1- INTRODUCTION .....	113
VIII-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DES ALIGNEMENTS .....	114
VIII-3- IMPLANTATION DE COURBES .....	114
➤ Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profils .....	117
<b>CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT .....</b>	<b>122</b>
IX-1- INTRODUCTION .....	123
IX -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.....	124
IX-3- DEFINITIONS .....	124
IX-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR DIMENSIONNER UN FOSSÉ ....	127
<b>CHAPITRE X : SIGNALISATION .....</b>	<b>131</b>
X- LA SIGNALISATION ROUTIERE .....	132
X -1- INTRODUCTION .....	132

## SOMMAIRE - Suite

X-2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE.....	132
X-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION .....	132
X-4- REGLES A RESPECTE POUR LA SIGNALISATION .....	133
X-5- TYPES DE SIGNALISATION .....	134
X-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES .....	140

### **CHAPITRE XI : IMPACT SUR ENVIRONNEMENT..... 141**

XI-1- INTRODUCTION .....	142
XI-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET .....	142
XI-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES .....	144
XI-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES .....	144
XI-5- CONCLUSION .....	149

### **CHAPITRE XII : ETUDE DE STABILITÉ DE TALUS DE DÉBLAI..... 150**

XII-1- INTRODUCTION .....	151
XII-2- CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DE LA REGION D'ETUDE .....	151
XII-3- SISMICITÉ DE LA REGION .....	153
XII-4- DONNEES GEOTECHNIQUES IN SITU ET AU LABORATOIRE .....	153
XII-5- INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES .....	154
XII-6- CONSTAT DES LIEUX .....	156
XII-7- SOLUTION DE CONFORTEMENT DE TALUS .....	158
XII-8- CALCUL DE STABILITÉ .....	159
XII-9- CONCLUSIONS .....	161

### **CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)..... 164**

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE).....	165
---	-----

### **CHAPITRE XIV : CONCLUSION..... 166**

XIV- CONCLUSION .....	167
BIBLIOGRAPHIE .....	169

# LISTE DES TABLEAUX

	Pages
• Tableau II-1: Valeurs du coefficient P .....	14
• Tableau II-2: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement .....	15
• Tableau II-3: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement .....	15
• Tableau II-4: Valeurs de capacité théorique .....	15
• Tableau III-1: Coordonnées des sommets variante N°01 .....	25
• Tableau III-2: Gisements, angles au centre et distances V01 .....	25
• Tableau III-3: calcul des paramètres de raccordement au centre V01.....	26
• Tableau III-4: calcul des Déclivité cumulés variante N°01 .....	27
• Tableau III-5 : Type de topographie .....	32
• Tableau III-6 : Sinuosité .....	33
• Tableau III-7 : Tableau d'Environnement de la route .....	33
• Tableau III-8: Vitesse de référence .....	34
• Tableau III-9: Dévers .....	34
• Tableau III-10: Valeur du coefficient ft .....	34
• Tableau III-11 : Valeur du coefficient "F" .....	35
• Tableau III-12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques .....	35
• Tableau III-13 : Récapitulatif des rayons en plan .....	36
• Tableau III-14 : les rayons en plan selon B40 .....	36
• Tableau III-15 : Tableau de cubature approchée de V01 .....	37
• Tableau III-16 : Coordonnées des sommets V02 .....	42
• Tableau III-17 : Gisements, angles au centre et distances V02 .....	42
• Tableau III-18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre V02...	42
• Tableau III-19: calcul des déclivités cumulés variante N°02 .....	43

## LISTE DES TABLEAUX - Suite

	Pages
• Tableau III-20 : Tableau de cubature approchée de V02 .....	<b>49</b>
• Tableau III-21 : Tableau comparatif entre les variantes 01 et 02. ....	<b>54</b>
• Tableau IV-1 : Devers en fonction de l'environnement .....	<b>57</b>
• Tableau IV-2 : Paramètres de clothoïde .....	<b>65</b>
• Tableau V-1 : Rayons convexes (Cat2, V100) .....	<b>72</b>
• Tableau V-2: Rayons concaves (Cat2, V100) .....	<b>73</b>
• Tableau VI-1: Coefficient de frottement longitudinal .....	<b>77</b>
• Tableau VI-2: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse .....	<b>83</b>
• Tableau VI-3: Paramètres fondamentaux .....	<b>84</b>
• Tableau VII-1 : Coefficient d'équivalence des matériaux .....	<b>94</b>
• Tableau VII-2 : Classe de trafic. ....	<b>95</b>
• Tableau VII-3: Classe de sol. ....	<b>96</b>
• Tableau VII-4 : Epaisseur du corps de chaussée .....	<b>98</b>
• Tableau VII-5 : Calcul de volume de décapage de terre végétale. ...	<b>101</b>
• Tableau VII-6 : Calcul de cubature de terrassement .....	<b>106</b>
• Tableau VIII-1 : Listing d'implantation des points d'axe .....	<b>117</b>
• Tableau IX-1 : Coefficient de ruissellement .....	<b>127</b>
• Tableau IX-2 : Variable GAUSS .....	<b>128</b>
• Tableau X-1: Caractéristiques des lignes discontinues. ....	<b>137</b>
• Tableau XII-1 : Synthèse des essais d'identification physique .....	<b>154</b>
• Tableau XII-2 : Propriétés géotechniques du sol. ....	<b>160</b>
• Tableau XII-3 : Propriétés géotechniques du sol. ....	<b>160</b>
• Tableau XIII-1: Devis Quantitatif et Estimatif (DQE) .....	<b>165</b>

# LISTE DES FIGURES

	Pages
• Figure I-1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de Mostaganem .....	<b>06</b>
• Figure I-2 : Tracé de la pénétrante traversant le wilaya de Mostaganem.....	<b>07</b>
• Figure III-1: les éléments d'un tracé en plan .....	<b>21</b>
• Figure III-2 : détermination de l'angle au centre .....	<b>23</b>
• Figure IV-1 : éléments d'un clothoïde. ....	<b>60</b>
• Figure IV-2: Clothoïde .....	<b>60</b>
• Figure VI-1: Distance d'arrêt et de freinage .....	<b>79</b>
• Figure VI-2: Distance de perception .....	<b>80</b>
• Figure VI-3: Espacement entre deux véhicules .....	<b>82</b>
• Figure VII-1: Les éléments d'une route .....	<b>87</b>
• Figure VII-2 : les différentes catégories de chaussée .....	<b>91</b>
• Figure VII-3 : démarche du catalogue .....	<b>97</b>
• Figure VII-4 : Corps de chaussée .....	<b>98</b>
• Figure VII-5 : Surfaces de cubature .....	<b>100</b>
• Figure VIII-1: Implantation sur la tangente. ....	<b>115</b>
• Figure VIII-2 : Coordonnées polaires. ....	<b>115</b>
• Figure VIII-3: Méthode d'implantation .....	<b>116</b>
• Figure X-1 : Signaux de danger .....	<b>134</b>
• Figure X-2 : Signaux d'Interdiction .....	<b>135</b>
• Figure X-3 : Signaux d'Obligation .....	<b>135</b>
• Figure X-4 : Types de modulation de lignes discontinues .....	<b>137</b>
• Figure X-5 : Flèche de Signalisation .....	<b>138</b>
• Figure X-6 : Flèche de Signalisation .....	<b>139</b>
• Figure X-7 : Flèche de Sélection .....	<b>139</b>
• Figure XII-1 : Position géographique du bassin du bas Chélif. ....	<b>152</b>
• Figure XII-2 : Zones de sismicité .....	<b>153</b>
• Figure XII-3 : Schéma explicatif du reprofilage .....	<b>158</b>
• Figure XII-4 : PHASE STATIQUE .....	<b>161</b>
• Figure XII-5 : PHASE ACCIDENTELLE .....	<b>161</b>

## ملخص:

نعتمد في المذكرة التي بين أيدينا على الطبوغرافيا والبحوث المنهجية, هذا المشروع هو من أجل انجاز منفذ إلى ولاية مستغانم يكون أكثر أماناً، ويضمن التبادل الاقتصادي.

هذه الدراسة أنجزت على جزء من 5 كم (من النقطة الكيلومترية 19 إلى النقطة الكيلومترية 24) من المنفذ الرابط بين مستغانم والطريق السيار شرق غرب، من أجل تسهيل حركة المرور وتحمل الزيادة في تدفق السيارات,

هذا المنفذ يضمن الأمن، وإرضاء السائق والمسافر وخاصة يقلل من الزيادة الكبيرة لحوادث المرور.

إن دراسة المشروع تمت على المراحل التالية:

- اقتراح مسلكين لإنجاز المشروع.
- دراسة المسلك المختار و المتمثل في دراسة الخصائص الهندسية و الحركية.
- تقييم تكلفة إنجاز المشروع.

**الكلمات المفتاحية:** دراسة، منفذ، طبوغرافيا، مسلك، تكلفة إنجاز.

## **ABSTRACT:**

The paper at hand sheds light on a topographic and a systematic research. The latter presents the project of the realization of a split of Mostaganem penetrating highway into two separated, bigger, and safer roads; in other words, what is known as "CONCEPTION". The study is conducted on a 05 km long part of the highway (from PK19+000 to PK24+000) in order to ease the traffic and the flow of the increased number of vehicles, meet the satisfaction of the drivers and improve their comfort, and most importantly minimize and reduce the high frequent number of accidents. The planned methodology is motivated by many aims and consists of the following:

- ✓ Doing an in-depth study of the APS of the two variants of the road.
- ✓ Doing an in-depth study of the APD of the chosen variant
- ✓ Calculating the percentage of that variant
- ✓ Attempting to estimate the cost of the project.

**Keywords:** Traffic, avoidance, geometry, road layout, reference speed, clothoid, pavement, environment.

## **RESUMÉ**

Ce mémoire se base sur la topographie, et sur une recherche systématique. Ce présent projet de réalisation d'une pénétrante autoroutière en deux chaussées séparées unidirectionnelles. Cette route est plus sécurisée, assure l'échange économique.

Cette étude de conception est réalisée sur un tronçon de 5.00 km du (PK19+000 au PK24+000) de la pénétrante autoroutière reliant Mostaganem et l'autoroute est-ouest, Afin de faciliter circulation, et de supporter l'augmentation du flux du nombre de véhicules.

Dans cette étude de la pénétrante, on a assuré la satisfaction et le confort du conducteurs et des usagers, et surtout minimiser et réduire le nombre élevé d'accidents.

On a passé par les étapes suivantes dans notre étude :

- ✓ Faire une étude approfondie en APS des deux variantes de la route.
- ✓ Choisir la variante la plus avantageuse et plus efficace, et étudier leurs caractéristiques géométriques et cinématiques en APD.
- ✓ Calculer les pourcentages pour cette variante choisie.
- ✓ Evaluer et estimer le coût de notre projet.

**Mots clés** : Etude, géométrie, variante, pénétrante, topographie, circulation.

## **ABRIVIATIONS:**

**BBME:** Béton bitumineux à module élevé.

**EME 2 :** Enrobé à module élevé classe 2.

**GNT :** Grave non traité

**GB :** Grave bitume.

**BB :** Béton bitumineux.

**GBA :** Glissière simple en béton adhérent.

**DBA :** Double béton adhérent.

**AD :** Alignement droit.

**RHm :** rayon horizontal minimal absolu

**RHn :** Rayon minimal normal.

**RHd :** Rayon au devers minimal.

**RHnd :** Rayon minimal non déversé.

**RVm :** Rayon vertical minimal absolu.

**RVn :** Rayon vertical normal.

# CHAPITRE : I

---

## PRESENTATION DU PROJET

I-1- INTRODUCTION

I-2- CATEGORIES DE LA ROUTE

I-3- PRESENTATION DU PROJET

I-4- OBJECTIF DE PROJET

I-5- DONNEES DE BASE

# **CHAPITRE I**

## **PRESENTATION DU PROJET**

### **I-1- INTRODUCTION :**

La route est l'une des voies de communication la plus utilisée qui permet de relier tous les points d'un territoire. La route est également défini comme une vaste plate-forme bien dégagée comportant deux ou plusieurs voies, devant résister aux efforts statiques et dynamiques des véhicule (légère, lourd) et dont les caractéristiques géométriques correspondant à une réglementation et normes bien précis.

Les routes peuvent être classées d'après plusieurs critères :

- ✓ Du point de vue administratif : d'après l'appartenance du maniable.
- ✓ Du point de vue technique : vitesse de référence établie en fonction des conditions du terrain

Parmi la classification administrative, on distingue :

- ◆ Les chemins communaux,
- ◆ les chemins de willaya,
- ◆ les routes nationales,
- ◆ les autoroutes.

Ces derniers présentent une catégorie spéciale dont les caractéristiques sont les suivants :

- ✓ Réserve à la circulation rapide.
- ✓ Accessible en des points spécialement aménagée.
- ✓ Ne comporte aucun carrefour à niveau.
- ✓ Comportant deux chaussées unidirectionnelles permettant une circulation à grande vitesse et sécurisée.

Notre projet présente deux sortes d'avantages :

❖ **LES AVANTAGES DIRECTS :** qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement

des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

❖ **LES AVANTAGES INDIRECTS** : qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

### **I-2- CATEGORIES DE LA ROUTE :**

La catégorie d'une route est définie suivant la nature des villes, suivant les activités socio-économiques et administrative situées sur les localités desservies par la route.

Les routes Algériennes sont classées en cinq (5) catégories fonctionnelles et sont comme suit :

- ◆ **Catégorie 1** : Liaison entre les grands centres économiques et les centres industriels lourdes considérés deux à deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers réseau de base ci-dessus.
- ◆ **Catégorie 2** : Liaisons des pôles d'industries de transformations entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.
- ◆ **Catégorie 3** : Liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservies par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2
- ◆ **Catégorie 4** : Liaison entre tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1 – 2 et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.
- ◆ **Catégorie 5** : Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

### **I-3- PRESENTATION DU PROJET :**

#### **I-3-1- PRESENTATION WILAYA DE MOSTAGANEM :**

##### **I-3-1-1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :**

La wilaya de Mostaganem est située sur le littoral Ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 km. Le Chef-lieu de la wilaya est située à 365 km à l'Ouest de la capitale, Alger.

La wilaya de Mostaganem est limitée:

- ✓ A l'Est par les Wilayas de Chlef et Relizane ;
- ✓ Au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane ;
- ✓ A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara ;
- ✓ Au Nord par la Mer Méditerranée.

##### **I-3-1-2- LE RELIEF :**

Le relief de la Wilaya de Mostaganem se divise en quatre unités morphologiques appartenant à deux régions distinctes, le Plateau et le Dahra1:

- ✓ les vallées basses de l'Ouest englobent les communes: Hassi Mameche, Mazagran, Stidia, Aïn Nouïssy, El Hassaine et Fornaka.
- ✓ les Monts du Dahra englobent les communes : Sidi Belattar, Oued El Kheir, Sidi Ali, Ouled Maallah, Tazgait, Nekmaria, Kheireddine, Ain Boudinar et Safsaf.
- ✓ le plateau de Mostaganem englobe les communes: Mostaganem, Ain Tedles, Sour, Bouguirat, Sirat, Souafia, Mesra, Aïn Sidi Cherif, Mansourah, Touahria et Sayada.
- ✓ les vallées de l'Est englobent les communes: Achaacha, Khadra, Ouled Boughalem, Sidi Lakhdar, Hadjadj et Abdelmalek Ramdane.

##### **I-3-1-3- LE CLIMAT :**

Le climat de Mostaganem se caractérise par un climat semi aride en hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra.

### **I-3-1-4- INFRASTRUCTURE DE BASE :**

#### **A- RESEAU ROUTIER :**

- Autoroutes : 35 km.
- Routes Nationales: 332,43 km.
- Chemins de WILAYA: 653,83 km.
- Chemins communaux: 1147,98 km.

#### **B- RESEAU FERROVIAIRE :**

Il existe une voie pour le transport de marchandises reliant le port à la gare de Mostaganem en direction de Mohammedia.

#### **C- RESEAU AEROPORTUAIRE :**

La Wilaya de Mostaganem dispose d'un aéroport dont:

- Piste principale : 1360 m x 30 m
- Piste secondaire : 700 m x 30 m
- Aire s de stationnement : 13 000 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation : 450 m x 20 m.

#### **D- RESEAUX PORTUAIRE :**

La wilaya compte trois ports:

- Port de marchandises de Mostaganem.
- Port de pêche de Sidi Lakhdar.
- Port de pêche et de plaisance de Salamandre.



**Figure I-1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de Mostaganem**

**I-4- OBJECTIF DE PROJET :**

Le projet de la pénétrante autoroutière reliant Mostaganem à l’autoroute Est-Ouest s’inscrit dans le cadre du schéma national d’aménagement du territoire (SNAT) qui prévoit, à terme la liaison de l’ensemble des ports avec l’autoroute Est-Ouest.

Ce projet a pour vocation de consolider les échanges entre les wilayas de Mostaganem et de Relizane, de renforcer le macro-maillage de l’infrastructure de transport et de conforter le redéploiement économique et social de la région.

Concernant les travaux, le projet de la pénétrante de Mostaganem a été divisé en deux marchés :

- **Tronçon 1** : traversant la wilaya de Relizane sur 33 km,
- **Tronçon 2** : traversant la wilaya de Mostaganem sur 27 km.



**Figure I-2 : Tracé de la pénétrante traversant le wilaya de Mostaganem.**

Dans notre projet de fin d'étude on a étudié un tronçon de cinq kilomètres (05 km) du PK19+000 au Pk24+000 de la pénétrante autoroutière reliant Mostaganem à l'Autoroute Est-Ouest.

#### **I-5- DONNEES DE BASE :**

- Le trafic :
  - TJMA : **10 000 V/J**
  - Pourcentage de poids lourds : **35%**
  - Le taux d'accroissement :  $\tau = 4\%$
  - Durée d'étude et mise en service : **2 ans**
  - Durée de vie : **20 ans**
- L'indice **CBR = 9**

# Chapitre : II

---

## ETUDE DU TRAFIC

II-1- INTRODUCTION.

II-2- ANALYSE DU TRAFIC.

II-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS.

II-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC.

II-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ.

APPLICATION AU PROJET.

## **CHAPITRE II**

### **ETUDE DU TRAFIC**

#### **II-1- INTRODUCTION :**

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic, son agressivité et aussi le type d'aménagement à réaliser. Le trafic journalier moyen annuel (**TJMA**) est nécessaire pour déterminer les différentes caractéristiques d'un tronçon routier (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des flux transitoires :

- De transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération a nature des flux, pour déterminer les points d'échange
- Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les Investissements
- Les mouvements directionnels permettant de définir les caractéristiques des échanges.
- Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.

#### **II-2- ANALYSE DU TRAFIC :**

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir :

- **Comptages manuels.**
- **Comptages automatiques.**

Ces deux types, permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer les véhicules légers et les poids lourds.

- **Les enquêtes de type cordon:** elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.
- **Les enquêtes qualitatives:** elles permettent de connaître l'appréciation de l'usager par rapport au réseau ; les raisons de son déplacement...etc.

### **II-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :**

- a) **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.
- b) **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point.
- c) **Trafic induit** : C'est le trafic résultant des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations, une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
- d) **Trafics total** : C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

### **II-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC :**

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra d'hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaines.

Les différentes méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le future sont :

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.
- ✓ Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

#### **II-4-1- Prolongation de l'évolution passée :**

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera :

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

Où:

- $T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- $(\tau)$  : est le taux de croissance

#### **II-4-2- Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques :**

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- ✓ Produit national brut (PNB).
- ✓ Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude

#### **II-4-3- Modèle gravitaire :**

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au future proche, mais il se prête mal à la projection.

#### **II-4-4- Modèle de facteurs croissance :**

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- ✓ Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ✓ Le nombre d'emploi.
- ✓ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

#### **➤ Remarque :**

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et son intégration de l'ensemble des variables économiques de la région.

#### **II-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ :**

##### **II-5-1- Définition de la capacité :**

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation. C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend :

- ✓ Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, Il est beaucoup moins en rase campagne, ou la densité de véhicules sera beaucoup plus faible)
- ✓ Des conditions météorologiques.
- ✓ Des caractéristiques géométriques de la route.

### II-5-2- Détermination de nombre de voies :

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant.

Une des solutions est basée sur le nombre de voies.

A partir de là, l'ingénieur fait une comparaison entre le débit admissible et le débit prévisible pour obtenir le choix du nombre de voies pour un tronçon routier.

Donc il est nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la 20<sup>ème</sup> année d'exploitation.

### II-5-3- Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon :

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

$$T_n = T_1 (1 + \tau)^n$$

Où:

- $(\tau)$  : est le taux de croissance
- $n$  : nombre d'année.

#### ➤ Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particulières (**U.V.P**) en fonction du Type de route et de l'environnement (vallonnée, en plaine.....).

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

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

Avec :

- $T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)
- $Z$  : pourcentage de poids lourds (%).
- $P$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

**Tableau II-1: Valeurs du coefficient P**

Routes	E1	E2	E3
<b>2 voies</b>	<b>3</b>	6	12
3 voies	2,5	5	10
4 voies et +	2	4	8

Ce tableau nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence pour les poids lourds « **P** » pour le poids lourd en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

**A. Débit de point horaire normal :**

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

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

Avec :

- $\left(\frac{1}{n}\right)$  : Coefficient de pointe prise égale **0,12**
- **Q** : est exprimé en **(UVP/h)**.

**B. Débit horaire admissible :**

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

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

Avec :

- **K<sub>1</sub>** : Coefficient lié à l'environnement.
- **K<sub>2</sub>** : Coefficient de réduction de capacité.

- **C<sub>th</sub>** : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

❖ **Valeurs de K<sub>1</sub>** :

**Tableau II-2: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement**

Coefficient K <sub>1</sub>					
	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
E1	<b>1,00</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	<b>0,99</b>	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

❖ **Valeurs de K<sub>2</sub>** :

**Tableau II-3: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement**

Coefficient K <sub>2</sub>			
Environnement	<b>E1</b>	E2	E3
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>0,75</b>	<b>0,85</b>	0,90 à 0,95

**Valeurs de C<sub>th</sub>** : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

❖ **Capacité théorique** :

**Tableau II-4: Valeurs de capacité théorique**

<b>Route à 2 voies de 3,5 m</b>	<b>1500 à 2000 UVP/h</b>
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 UVP/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 UVP/h

➤ **Calcul du nombre de voie :**

✓ **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et en prend le profil permettant d'avoir :

$$Q_{adm} = Q$$

✓ **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

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

$$S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

- **S** : coefficient dissymétrie en général = **2/3**
- **Q<sub>adm</sub>** : débit admissible par voie.

➤ **Application au projet :**

- **Données**

- ✓ TJMA = **10 000 V/J**
- ✓ Taux de croissance :  $\tau = 4\%$
- ✓ Pourcentage du poids lourd : **Z=35%**
- ✓ Année de comptage : **2015**
- ✓ Année de mise en service : **2017**
- ✓ Durée de vie : **20 ans**
- ✓ Coefficient d'équivalence : **P=3**
- ✓ Coefficient lié à l'environnement : **K<sub>1</sub>=1.00**
- ✓ Coefficient de réduction de capacité : **K<sub>2</sub>=0.75**
- ✓ Capacité effective par voie : **1500 ≤ C<sub>th</sub> ≤ 2000 UVP/h**

➤ **Calcul du trafic à l'année de mise en service (2017) :**

$$T_{2017} = TJMA \cdot (1+0.04)^2 = 10000 \cdot (1+0.04)^2 \quad \longrightarrow \quad T_{2017} = 10\ 816\ V/J.$$

➤ **Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon (2037) :**

$$T_{2037} = T_{2017} * (1 + 0.04)^{20} = 10816 * (1 + 0.04)^{20} \quad \longrightarrow \quad T_{2037} = 23\,700 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du trafic effectif :**

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P * Z] * T_n = [(1 - 0.35) + 3 * 0.35] * 23700$$

$$\longrightarrow \quad T_{\text{eff}} = 40\,290 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du débit du point horaire normal :**

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{\text{eff}} = 0.12 * 40290 \quad \longrightarrow \quad Q = 4\,835 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du débit admissible :**

$$Q_{\text{adm}} \text{ (UVP/h)} = K_1 * K_2 * C_{\text{th}} = 1.00 * 0.75 * 2000 \quad \longrightarrow \quad Q_{\text{adm}} = 1\,500 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du nombre de voies :**

$$N = S * Q / Q_{\text{adm}} = (2/3) * 4835 / 1500 \quad \longrightarrow \quad N = 2 \text{ voies}$$

# Chapitre : III

---

## TRACÉ EN PLAN

III-1- INTRODUCTION.

III-2- TRACE EN PLAN

III-3- ETUDE DES VARIANTES

- Etude de la variante N°01
- Etude de la variante N°02

## **CHAPITRE III**

### **TRACÉ EN PLAN**

#### **III-1- INTRODUCTION :**

L'approche d'étude de modernisation est différente des études en site vierge et différente également des études de renforcement et réhabilitation pour cela l'approche suivante a été adoptée :

- L'étude et conception d'un nouveau tracé dans des sites vierges.

L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à RHnd est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent d'une part à assurer des conditions de confort relativement homogènes le long d'un axe routier, et adaptées à chaque catégorie de route, en fixant notamment des caractéristiques minimales.

Elles visent d'autre part à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité

#### **III-2- TRACE EN PLAN :**

##### **III-2-1- Introduction :**

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites, raccordés par arcs de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort.

L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). Cela conduit, en fonction de la catégorie de route, à fixer des rayons minimaux.

Cependant l'utilisation fréquente ou systématique de grands rayons de courbure peut se révéler néfaste en aboutissant à une limitation des possibilités de dépassement sûr, et en encourageant les usagers à pratiquer une vitesse continûment élevée.

D'autre part, dans certaines conditions (liées notamment au tracé situé en amont), les courbes de faible rayon peuvent créer des problèmes de sécurité, ce qui conduit à ne les utiliser qu'en respectant certaines contraintes relatives à l'enchaînement des éléments du tracé en plan.

### **III-2-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :**

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

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

#### **A. Pour les routes neuves :**

Il convient en outre, pour les projets de routes neuves :

1. d'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier),
2. de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé).

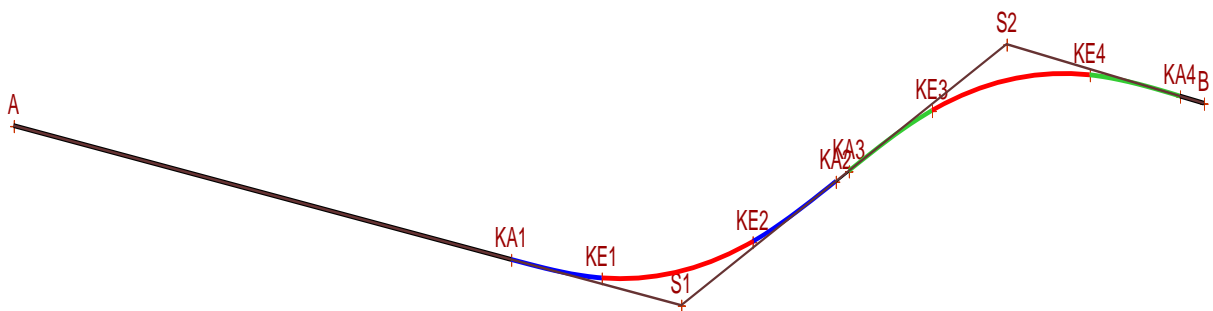
3. d'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m.
4. de respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons  $R_1$  et  $R_2$  :  **$0,67 < R_1/R_2 < 1,5$** , sauf si  $R_1$  et  $R_2$  sont supérieurs à 500 m.
5. d'exclure les courbes en ove, en C, et à sommet.

### **B. Pour l'aménagement des routes existantes :**

Sous certaines conditions, des valeurs inférieures aux valeurs minimales peuvent être adoptées (2). Les recommandations 1 et 2 sont généralement sans objet mais les recommandations 3, 4 et 5, qui concernent directement la sécurité, sont à prendre en considération. Elles doivent être appréciées en tenant compte des résultats du diagnostic de sécurité (analyse des accidents notamment).

### **III-2-3- Les éléments de tracé en plan :**

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



**Figure III-1 :les éléments d'un tracé en plan**

➤ **Les alignements :**

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

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

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

$$L_{\min} = 5 V \quad \text{avec } V \text{ en (m/s)}$$

$$L_{\max} = 60V \quad \text{avec } V \text{ en (m/s)}$$

➤ **Règles pour l'utilisation des rayons en plan :**

Il n'y a aucun rayon inférieur à  $R_{Hm}$ , on utilise autant des valeurs de rayon supérieur ou égale à  $R_{Hn}$  que possible.

**III-3- ETUDE DES VARIANTES :**

**III-3-1- Détermination des coordonnées des sommets :**

Dans cette partie on a relevé à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe la route.

Une fois les coordonnées relevées, on calcule les gisements de toutes les directions définissant les alignements droits, on détermine ensuite les angles au centre de chaque raccordement et enfin on procède à la mesure des longueurs des tangentes.

➤ **Calcul de gisements et des angles au centre :**

**a- Gisement :**

Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction

**Exemple :** Calcul du Gisement de la direction AS :

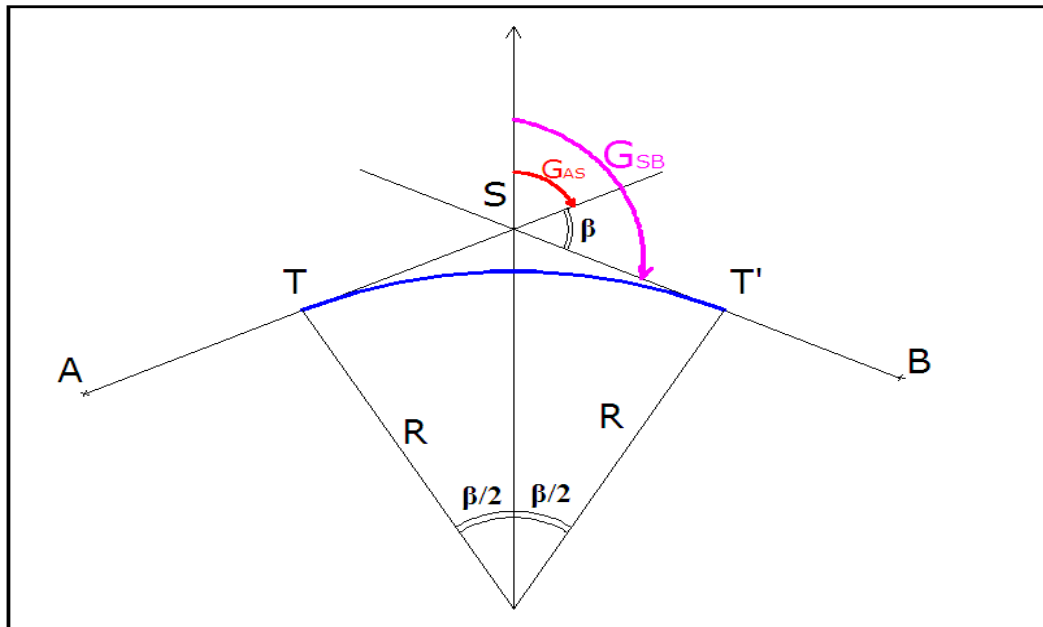
$$G_{AS} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{(X_S - X_A)}{(Y_S - Y_A)}$$

**b- Distance :**

La distance AS est donnée par la relation :

$$AS = \sqrt{(X_S - X_A)^2 + (Y_S - Y_A)^2}$$

**c- L'angle au centre :**



**Figure III-2 : détermination de l'angle au centre**

D'après le cas de figure, l'angle au centre  $\beta$  est donné par :

$$\beta = G_{SB} - G_{AS}$$

# **Etude**

# **de la Variante N°01**

**1) Calcul de la variante N° 01:**

- **Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante N°01 :**

**Tableau III-1: Coordonnées des sommets variante N°01**

<b>N</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
1	257145.2718	3977817.6550
2	257687.9596	3978243.2290
3	259012.9995	3978863.0514
4	260179.8167	3979567.0541
5	261080.0799	3979958.3592
6	261473.1893	3980307.7214

- **Gisements, angles au centre et distances :**

**Tableau III-2: Gisements, angles au centre et distances variante N°01**

<b>Valeurs <math>\Delta X</math> et <math>\Delta Y</math> (m)</b>		<b>Gisements (gr)</b>		<b>Angle au centre (gr)</b>		<b>Distances (m)</b>
$\Delta X =$	542.6878	<b>G<sub>1.2</sub> =</b>	57.6629	<b><math>\beta_1 =</math></b>	14.4826	689.6545
$\Delta Y =$	425.5740					
$\Delta X =$	1 325.0399	<b>G<sub>2.3</sub> =</b>	72.1455	<b><math>\beta_2 =</math></b>	6.7064	1462.8433
$\Delta Y =$	619.8224					
$\Delta X =$	1 166.8172	<b>G<sub>3.4</sub> =</b>	65.4391	<b><math>\beta_3 =</math></b>	8.4581	1362.7480
$\Delta Y =$	704.0027					
$\Delta X =$	900.2632	<b>G<sub>4.5</sub> =</b>	73.8972	<b><math>\beta_4 =</math></b>	20.1505	981.628
$\Delta Y =$	391.3051					
$\Delta X =$	393.1094	<b>G<sub>5.6</sub> =</b>	53.7467			525.9172
$\Delta Y =$	349.3622					

➤ **Calcul des paramètres des raccordements circulaires :**

- ✓ **Bissectrice :** 
$$\text{Biss} = R \cdot \left( \frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$
- ✓ **La développée :** 
$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R\beta^{\text{rd}}$$
- ✓ **La flèche:** 
$$F = R \left( 1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$
- ✓ **La tangente:** 
$$\delta_t = R * \text{tg} \left( \frac{\beta}{2} \right)$$

**Tableau III-3:calcul des paramètres de raccordement au centre variante N°01**

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta_1 = 14.4826$	2 500.00	285.5980	568.7304	16.1550	16.2600
$\beta_2 = 6.7064$	3 000.00	158.1620	316.0317	4.1600	4.1660
$\beta_3 = 8.4581$	3 500.00	232.8470	465.0083	7.7200	7.7370
$\beta_4 = 20.1505$	2 500.00	398.9910	791.3083	31.2430	31.6390
<b><math>\Sigma R_c =</math></b>			<b>2141.08</b>		

➤ **Les longueurs de tracé :**

- ✓ **La longueur totale des alignements droits mesurée  $L_{AD}$  :**

**AD1** = 689.6545 - 285.598 = **404.05 m**

**AD2** = 1462.8433 - 285.598 - 158.162 = **1019.07 m**

**AD3** = 1362.748 - 232.847 - 158.162 = **971.73 m**

**AD4** = 981.628 - 232.847 - 398.991 = **349.77 m**

**AD5** = 525.9172 - 398.991 = **126.92 m**



**$L_{AD} = \Sigma AD = 2871.59 \text{ m}$**

- ✓ **La longueur totale des arcs de cercles calculées LC :**

$$\longrightarrow L_C = \sum R_C = \sum D = \mathbf{2141.08 \text{ m}}$$

- ✓ **La longueur totale de tracé mesurée :**

$$L_T = \sum AD + \sum R_C = 2841.59 + 2141.08$$

$$\longrightarrow L_T = \mathbf{5012.67 \text{ m}}$$

- **Pourcentage des alignements droits :**

$$\% \text{ alignements droits} = L_{AD} / L_T = 2871.59 / 5012.67 = \mathbf{57.29\%}$$

**Condition vérifié**

- **Pourcentage des courbes :**

$$\% \text{ Courbes} = L_C / L_T = 2141.08 / 5012.67 = \mathbf{42.71\%}$$

**Condition vérifié**

- **Déclivité cumulée :**

**Tableau III-4 : calcul des Déclivité cumulés variante N°01**

N°	Distance		Z (m)	Déclivité (m)
	Partielle (m)	Cumulée (m)		
1	0.00	0.00	227.105	
2	25.00	25.00	227.086	-0.02
3	25.00	50.00	227.115	0.03
4	25.00	75.00	227.130	0.01
5	25.00	100.00	227.032	-0.10
6	25.00	125.00	227.130	0.10
7	25.00	150.00	227.134	0.00
8	25.00	175.00	227.111	-0.02
9	25.00	200.00	227.167	0.06
10	25.00	225.00	227.218	0.05
11	25.00	250.00	227.325	0.11
12	25.00	275.00	227.326	0.00
13	25.00	300.00	227.379	0.05
14	25.00	325.00	227.451	0.07
15	25.00	350.00	227.771	0.32
16	25.00	375.00	227.732	-0.04
17	25.00	400.00	227.998	0.27
18	4.06	404.06	228.060	0.06

19	20.94	425.00	228.314	0.25
20	25.00	450.00	228.380	0.07
21	25.00	475.00	228.325	-0.05
22	25.00	500.00	228.555	0.23
23	25.00	525.00	228.557	0.00
24	25.00	550.00	228.483	-0.07
25	25.00	575.00	228.719	0.24
26	25.00	600.00	228.802	0.08
27	25.00	625.00	229.436	0.63
28	25.00	650.00	229.003	-0.43
29	25.00	675.00	229.000	0.00
30	25.00	700.00	229.219	0.22
31	25.00	725.00	229.500	0.28
32	25.00	750.00	229.675	0.18
33	25.00	775.00	229.729	0.05
34	25.00	800.00	229.738	0.01
35	25.00	825.00	229.522	-0.22
36	25.00	850.00	229.804	0.28
37	25.00	875.00	229.861	0.06
38	25.00	900.00	229.813	-0.05
39	25.00	925.00	230.021	0.21
40	25.00	950.00	230.260	0.24
41	22.79	972.79	230.555	0.30
42	2.21	975.00	230.585	0.03
43	25.00	1 000.00	230.880	0.29
44	25.00	1 025.00	231.301	0.42
45	25.00	1 050.00	231.970	0.67
46	25.00	1 075.00	232.612	0.64
47	25.00	1 100.00	232.743	0.13
48	25.00	1 125.00	233.220	0.48
49	25.00	1 150.00	234.473	1.25
50	25.00	1 175.00	235.350	0.88
51	25.00	1 200.00	236.300	0.95
52	25.00	1 225.00	237.315	1.01
53	25.00	1 250.00	238.263	0.95
54	25.00	1 275.00	238.885	0.62
55	25.00	1 300.00	239.328	0.44
56	25.00	1 325.00	240.203	0.87
57	25.00	1 350.00	241.207	1.00
58	25.00	1 375.00	241.824	0.62
59	25.00	1 400.00	242.175	0.35
60	25.00	1 425.00	242.551	0.38
61	25.00	1 450.00	242.750	0.20
62	25.00	1 475.00	242.822	0.07
63	25.00	1 500.00	242.935	0.11
64	25.00	1 525.00	243.438	0.50
65	25.00	1 550.00	244.036	0.60

66	25.00	1 575.00	244.970	0.93
67	25.00	1 600.00	245.892	0.92
68	25.00	1 625.00	247.066	1.17
69	25.00	1 650.00	248.319	1.25
70	25.00	1 675.00	249.323	1.00
71	25.00	1 700.00	250.339	1.02
72	25.00	1 725.00	250.811	0.47
73	25.00	1 750.00	251.450	0.64
74	25.00	1 775.00	252.489	1.04
75	25.00	1 800.00	253.240	0.75
76	25.00	1 825.00	254.724	1.48
77	25.00	1 850.00	255.999	1.27
78	25.00	1 875.00	256.525	0.53
79	25.00	1 900.00	257.631	1.11
80	25.00	1 925.00	258.710	1.08
81	25.00	1 950.00	259.541	0.83
82	25.00	1 975.00	260.055	0.51
83	16.87	1 991.87	260.631	0.58
84	8.13	2 000.00	261.093	0.46
85	25.00	2 025.00	262.252	1.16
86	25.00	2 050.00	263.303	1.05
87	25.00	2 075.00	264.396	1.09
88	25.00	2 100.00	265.643	1.25
89	25.00	2 125.00	267.125	1.48
90	25.00	2 150.00	269.263	2.14
91	25.00	2 175.00	271.040	1.78
92	25.00	2 200.00	272.474	1.43
93	25.00	2 225.00	273.294	0.82
94	25.00	2 250.00	274.279	0.98
95	25.00	2 275.00	275.882	1.60
96	25.00	2 300.00	276.421	0.54
97	7.90	2 307.90	277.344	0.92
98	17.10	2 325.00	279.337	1.99
99	25.00	2 350.00	281.413	2.08
100	25.00	2 375.00	282.789	1.38
101	25.00	2 400.00	283.576	0.79
102	25.00	2 425.00	283.503	-0.07
103	25.00	2 450.00	283.041	-0.46
104	25.00	2 475.00	282.807	-0.23
105	25.00	2 500.00	282.255	-0.55
106	25.00	2 525.00	283.993	1.74
107	25.00	2 550.00	287.012	3.02
108	25.00	2 575.00	289.683	2.67
109	25.00	2 600.00	291.582	1.90
110	25.00	2 625.00	292.173	0.59
111	25.00	2 650.00	292.639	0.47
112	25.00	2 675.00	292.940	0.30

113	25.00	2 700.00	293.092	0.15
114	25.00	2 725.00	292.674	-0.42
115	25.00	2 750.00	292.542	-0.13
116	25.00	2 775.00	292.428	-0.11
117	25.00	2 800.00	291.924	-0.50
118	25.00	2 825.00	290.342	-1.58
119	25.00	2 850.00	290.043	-0.30
120	25.00	2 875.00	290.006	-0.04
121	25.00	2 900.00	289.545	-0.46
122	25.00	2 925.00	288.691	-0.85
123	25.00	2 950.00	288.812	0.12
124	25.00	2 975.00	290.583	1.77
125	25.00	3 000.00	286.988	-3.60
126	25.00	3 025.00	286.436	-0.55
127	25.00	3 050.00	285.649	-0.79
128	25.00	3 075.00	284.715	-0.93
129	25.00	3 100.00	283.782	-0.93
130	25.00	3 125.00	282.472	-1.31
131	25.00	3 150.00	281.428	-1.04
132	25.00	3 175.00	280.696	-0.73
133	25.00	3 200.00	280.539	-0.16
134	25.00	3 225.00	279.737	-0.80
135	25.00	3 250.00	278.671	-1.07
136	25.00	3 275.00	277.779	-0.89
137	4.64	3 279.64	277.612	-0.17
138	20.36	3 300.00	276.968	-0.64
139	25.00	3 325.00	276.429	-0.54
140	25.00	3 350.00	275.750	-0.68
141	25.00	3 375.00	275.375	-0.37
142	25.00	3 400.00	275.248	-0.13
143	25.00	3 425.00	274.716	-0.53
144	25.00	3 450.00	273.857	-0.86
145	25.00	3 475.00	272.662	-1.19
146	25.00	3 500.00	271.336	-1.33
147	25.00	3 525.00	270.381	-0.96
148	25.00	3 550.00	269.242	-1.14
149	25.00	3 575.00	268.275	-0.97
150	25.00	3 600.00	267.283	-0.99
151	25.00	3 625.00	266.171	-1.11
152	25.00	3 650.00	264.757	-1.41
153	25.00	3 675.00	263.791	-0.97
154	25.00	3 700.00	262.982	-0.81
155	25.00	3 725.00	261.894	-1.09
156	19.65	3 744.65	261.293	-0.60
157	5.35	3 750.00	261.136	-0.16
158	25.00	3 775.00	259.766	-1.37
159	25.00	3 800.00	258.592	-1.17

160	25.00	3 825.00	257.661	-0.93
161	25.00	3 850.00	256.288	-1.37
162	25.00	3 875.00	255.052	-1.24
163	25.00	3 900.00	254.075	-0.98
164	25.00	3 925.00	252.905	-1.17
165	25.00	3 950.00	251.509	-1.40
166	25.00	3 975.00	249.896	-1.61
167	25.00	4 000.00	248.581	-1.32
168	25.00	4 025.00	247.693	-0.89
169	25.00	4 050.00	247.300	-0.39
170	25.00	4 075.00	246.360	-0.94
171	19.44	4 094.44	245.858	-0.50
172	5.56	4 100.00	245.695	-0.16
173	25.00	4 125.00	245.020	-0.67
174	25.00	4 150.00	243.712	-1.31
175	25.00	4 175.00	242.507	-1.21
176	25.00	4 200.00	241.765	-0.74
177	25.00	4 225.00	241.106	-0.66
178	25.00	4 250.00	240.383	-0.72
179	25.00	4 275.00	239.699	-0.68
180	25.00	4 300.00	239.394	-0.31
181	25.00	4 325.00	238.742	-0.65
182	25.00	4 350.00	238.483	-0.26
183	25.00	4 375.00	238.369	-0.11
184	25.00	4 400.00	238.236	-0.13
185	25.00	4 425.00	238.163	-0.07
186	25.00	4 450.00	238.065	-0.10
187	25.00	4 475.00	237.797	-0.27
188	25.00	4 500.00	237.707	-0.09
189	25.00	4 525.00	238.617	0.91
190	25.00	4 550.00	237.638	-0.98
191	25.00	4 575.00	237.657	0.02
192	25.00	4 600.00	237.673	0.02
193	25.00	4 625.00	237.637	-0.04
194	25.00	4 650.00	237.788	0.15
195	25.00	4 675.00	237.679	-0.11
196	25.00	4 700.00	237.478	-0.20
197	25.00	4 725.00	237.136	-0.34
198	25.00	4 750.00	236.902	-0.23
199	25.00	4 775.00	236.800	-0.10
200	25.00	4 800.00	236.768	-0.03
201	25.00	4 825.00	236.732	-0.04
202	25.00	4 850.00	236.913	0.18
203	25.00	4 875.00	236.649	-0.26
204	10.75	4 885.75	236.440	-0.21
205	14.25	4 900.00	236.231	-0.21
206	25.00	4 925.00	236.219	-0.01

207	25.00	4 950.00	236.190	-0.03
208	25.00	4 975.00	236.297	0.11
209	25.00	5 000.00	236.525	0.23
210	12.67	<b>5 012.67</b>	236.754	0.23
			<b>H</b>	<b>9.65</b>
			<b>H/L</b>	<b>0.0019</b>
			<b>H/L %</b>	<b>0.19%</b>

➤ **Déclivité cumulée :**

$$D_c = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i \right|}{L} \quad \longrightarrow \quad D_c = 0.19\%$$

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

**Tableau III-5 : Type de topographie**

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	<b>Plat</b>	<b>Dc ≤ 1.5%</b>
2	Terrain Vallonné	1.5% < Dc ≤ 4%
3	Terrain montagneux	Dc > 4%

**D<sub>c</sub> = 0.19% ≤ 1.5%**                       **Terrain plat**

➤ **Sinuosité :**

- ✓ La sinuosité  $\sigma$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse  $L_s$  sur la longueur totale de l'itinéraire.
- ✓ La longueur sinueuse **L<sub>s</sub>** est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.
- ✓ Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

**Tableau III-6 : Sinuosité**

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

➤  $\sigma = \frac{Ls}{L} = 0 \quad \longrightarrow \quad \text{Sinuosité faible}$

$Ls = \Sigma D \text{ (} R \leq 200 \text{ m)} \quad Ls = 0 \text{ m}$

- **Ls** : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m

➤ **Environnement :**

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

**Tableau III-7 : Tableau d'Environnement de la route**

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

- ✓ Dénivelée cumulée :  $D_c = 0.19\% \leq 1,5\%$  (terrain plat)

- ✓ Sinuosité :  $\sigma = 0$  (sinuosité faible)

$\longrightarrow$  Environnement : **E1**

➤ **Vitesse de référence :**

La vitesse de référence est la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement en dehors des pointes. Elle est déterminée en fonction de l'importance des

liaisons assurées par la section de route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc fonction de :

1. La catégorie
2. L'environnement

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminée la vitesse de référence.

**Tableau III-8: Vitesse de référence**

Environnement Catégorie	E1	E2	E3
<b>Cat 1</b>	120- <b>100</b> -80	100-80-60	80-60-40
Cat 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 4	100-80-60	80-60-40	60-40
Cat 5	80-60-40	60-40	40

**Cat 01 et E 01**  **Vr = 100 km/h**

➤ **Détermination des dévers  $d_{max}$  et  $d_{min}$  :**

**Tableau III-9 : Dévers**

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
$d_{min}$	<b>-2,50%</b>	-2,50%	-3%	-3%	-4%
$d_{max}$	<b>7%</b>	7%	8%	8%	9%

➤ **Détermination du coefficient transversal  $f_t$  :**

**Tableau III-10 : Valeur du coefficient  $f_t$**

Vr	40	60	80	<b>100</b>	120	140
<b>CAT 1-2</b>	0,22	0,16	0,13	<b>0,11</b>	0,1	0,1
CAT 3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

➤ **Tableau des coefficients F'' en fonction de la catégorie**

**Tableau III-11 : Valeur du coefficient "F"**

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

➤ **Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques :**

**Tableau III-12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques**

dmax =	7,00%
dmin =	2,50%
ft =	0,11
d =	0,05
F'' =	0,06

❖ **calcul des rayons en plan :**

1) **Rayon horizontal minimal absolu :**

$$RHm = \frac{Vr^2}{127 (ft + dmax)} \quad \longrightarrow \quad RHm = \frac{100^2}{127 (0.11 + 0.07)}$$

$$\quad \longrightarrow \quad \mathbf{RHm = 437.44 \text{ m}}$$

2) **Rayon minimal normal :**

$$RHn = \frac{(Vr + 20)^2}{127 (ft + dn)} \quad \longrightarrow \quad RHn = \frac{(100 + 20)^2}{127 (0.11 + 0.05)}$$

$$\quad \longrightarrow \quad \mathbf{RHn = 708.66 \text{ m}}$$

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

### 3) Rayon au dévers minimal :

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

Dévers associé  $d_{\min} = 2.5\%$ .

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}} \quad \longrightarrow \quad RHd = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025}$$

$$\quad \quad \quad \longrightarrow \quad \quad \quad \mathbf{RHd = 1574.80 \text{ m}}$$

### 4) Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \cdot (F'' - d_{\min})} \quad \longrightarrow \quad RHnd = \frac{100^2}{127 \cdot (0.06 - 0.025)}$$

$$\quad \quad \quad \longrightarrow \quad \quad \quad \mathbf{RHnd = 2249.72 \text{ m}}$$

Le calcul des rayons en plan nous donne les résultats suivants :

**Tableau III-13 : Récapitulatif des rayons en plan**

Catégorie	RHm	RHn	RHd	RHnd
<b>Cat 1</b>	437,45 m	708,66 m	1574,80 m	2249,72 m

**NB :** En comparant les résultats ci dessus avec les valeurs de B40 on aura :

**Tableau III-14 : les rayons en plan selon B40**

RHm	RHn	RHd	RHnd
450 m	650 m	1600 m	2200 m

**Calcul de cubature approchée de la variante N°01 :**

**Tableau III-15 : Tableau de cubature approchée de la variante 01**

N°	Distance		Z		Hauteur H (m)	R/D	Remblai		Déblai	
	Cumulée (m)	Partielle (m)	Z Projet (m)	Z TN (m)			Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	0,00	0,00	232,11	227,11	5,00	R	155,50		0,000	
2	25,00	25,00	232,29	227,09	5,21	R	163,53	3987,84	0,000	0,000
3	50,00	25,00	232,48	227,12	5,36	R	169,78	4166,35	0,000	0,000
4	75,00	25,00	232,67	227,13	5,54	R	176,70	4330,97	0,000	0,000
5	100,00	25,00	232,86	227,03	5,82	R	188,28	4562,26	0,000	0,000
6	125,00	25,00	233,04	227,13	5,91	R	191,97	4753,14	0,000	0,000
7	150,00	25,00	233,23	227,13	6,10	R	199,62	4894,79	0,000	0,000
8	175,00	25,00	233,42	227,11	6,31	R	208,48	5101,23	0,000	0,000
9	200,00	25,00	233,61	227,17	6,44	R	214,11	5282,39	0,000	0,000
10	225,00	25,00	233,79	227,22	6,57	R	220,01	5426,50	0,000	0,000
11	250,00	25,00	233,98	227,33	6,66	R	223,50	5543,84	0,000	0,000
12	275,00	25,00	234,17	227,33	6,84	R	231,69	5689,78	0,000	0,000
13	300,00	25,00	234,36	227,38	6,98	R	237,64	5866,63	0,000	0,000
14	325,00	25,00	234,54	227,45	7,09	R	242,79	6005,47	0,000	0,000
15	350,00	25,00	234,73	227,77	6,96	R	236,88	5995,95	0,000	0,000
16	375,00	25,00	234,92	227,73	7,19	R	247,01	6048,68	0,000	0,000
17	400,00	25,00	235,11	228,00	7,11	R	243,48	6131,20	0,000	0,000
18	404,06	4,06	235,14	228,06	7,08	R	242,05	984,74	0,000	0,000
19	425,00	20,94	235,29	228,31	6,98	R	237,75	5024,44	0,000	0,000
20	450,00	25,00	235,48	228,38	7,10	R	243,18	6011,68	0,000	0,000
21	475,00	25,00	235,67	228,33	7,34	R	254,14	6216,52	0,000	0,000
22	500,00	25,00	235,85	228,56	7,30	R	252,19	6329,13	0,000	0,000
23	525,00	25,00	236,04	228,56	7,49	R	260,72	6411,35	0,000	0,000
24	550,00	25,00	236,23	228,48	7,75	R	272,85	6669,62	0,000	0,000
25	575,00	25,00	236,42	228,72	7,70	R	270,58	6792,92	0,000	0,000
26	600,00	25,00	236,60	228,80	7,80	R	275,49	6825,82	0,000	0,000
27	625,00	25,00	236,79	229,44	7,36	R	254,79	6628,45	0,000	0,000
28	650,00	25,00	236,98	229,00	7,98	R	283,70	6731,09	0,000	0,000
29	675,00	25,00	237,17	229,00	8,17	R	292,79	7206,09	0,000	0,000
30	700,00	25,00	237,35	229,22	8,14	R	291,31	7301,27	0,000	0,000
31	725,00	25,00	237,54	229,50	8,04	R	286,82	7226,65	0,000	0,000
32	750,00	25,00	237,73	229,68	8,05	R	287,41	7177,86	0,000	0,000
33	775,00	25,00	237,92	229,73	8,19	R	293,83	7265,49	0,000	0,000
34	800,00	25,00	238,10	229,74	8,37	R	302,44	7453,35	0,000	0,000
35	825,00	25,00	238,29	229,52	8,77	R	322,34	7809,67	0,000	0,000
36	850,00	25,00	238,48	229,80	8,68	R	317,63	7999,56	0,000	0,000
37	875,00	25,00	238,67	229,86	8,81	R	324,14	8022,10	0,000	0,000
38	900,00	25,00	238,86	229,81	9,05	R	336,34	8255,97	0,000	0,000
39	925,00	25,00	239,07	230,02	9,05	R	336,46	8410,02	0,000	0,000
40	950,00	25,00	239,30	230,26	9,04	R	335,80	8403,36	0,000	0,000
41	972,79	22,79	239,52	230,56	8,96	R	331,94	7607,96	0,000	0,000
42	975,00	2,21	239,54	230,59	8,95	R	331,53	734,16	0,000	0,000
43	1 000,00	25,00	239,80	230,88	8,92	R	329,64	8264,56	0,000	0,000
44	1 025,00	25,00	240,07	231,30	8,77	R	322,20	8148,02	0,000	0,000
45	1 050,00	25,00	240,36	231,97	8,39	R	303,38	7819,74	0,000	0,000
46	1 075,00	25,00	240,66	232,61	8,05	R	287,09	7380,82	0,000	0,000
47	1 100,00	25,00	240,98	232,74	8,24	R	296,12	7290,07	0,000	0,000
48	1 125,00	25,00	241,31	233,22	8,09	R	289,31	7317,80	0,000	0,000
49	1 150,00	25,00	241,66	234,47	7,19	R	247,30	6707,65	0,000	0,000

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

50	1 175,00	25,00	242,03	235,35	6,68	R	224,60	5898,85	0,000	0,000
51	1 200,00	25,00	242,41	236,30	6,11	R	200,29	5311,23	0,000	0,000
52	1 225,00	25,00	242,81	237,32	5,50	R	174,98	4690,92	0,000	0,000
53	1 250,00	25,00	243,22	238,26	4,96	R	153,99	4112,05	0,000	0,000
54	1 275,00	25,00	243,65	238,89	4,77	R	146,58	3757,11	0,000	0,000
55	1 300,00	25,00	244,10	239,33	4,77	R	146,63	3665,12	0,000	0,000
56	1 325,00	25,00	244,56	240,20	4,35	R	131,18	3472,52	0,000	0,000
57	1 350,00	25,00	245,03	241,21	3,83	R	112,22	3042,40	0,000	0,000
58	1 375,00	25,00	245,52	241,82	3,70	R	107,84	2750,76	0,000	0,000
59	1 400,00	25,00	246,03	242,18	3,86	R	113,27	2763,93	0,000	0,000
60	1 425,00	25,00	246,55	242,55	4,00	R	118,46	2896,67	0,000	0,000
61	1 450,00	25,00	247,09	242,75	4,34	R	130,71	3114,73	0,000	0,000
62	1 475,00	25,00	247,64	242,82	4,82	R	148,68	3492,48	0,000	0,000
63	1 500,00	25,00	248,21	242,94	5,28	R	166,36	3938,09	0,000	0,000
64	1 525,00	25,00	248,80	243,44	5,36	R	169,64	4200,06	0,000	0,000
65	1 550,00	25,00	249,40	244,04	5,36	R	169,71	4241,89	0,000	0,000
66	1 575,00	25,00	250,02	244,97	5,05	R	157,27	4087,21	0,000	0,000
67	1 600,00	25,00	250,65	245,89	4,76	R	146,15	3792,74	0,000	0,000
68	1 625,00	25,00	251,30	247,07	4,23	R	126,63	3409,83	0,000	0,000
69	1 650,00	25,00	251,96	248,32	3,64	R	105,74	2904,69	0,000	0,000
70	1 675,00	25,00	252,64	249,32	3,31	R	94,68	2505,27	0,000	0,000
71	1 700,00	25,00	253,33	250,34	2,99	R	84,06	2234,21	0,000	0,000
72	1 725,00	25,00	254,04	250,81	3,23	R	91,90	2199,45	0,000	0,000
73	1 750,00	25,00	254,77	251,45	3,32	R	94,78	2333,57	0,000	0,000
74	1 775,00	25,00	255,51	252,49	3,02	R	84,91	2246,19	0,000	0,000
75	1 800,00	25,00	256,26	253,24	3,02	R	85,10	2125,12	0,000	0,000
76	1 825,00	25,00	257,04	254,72	2,31	R	62,63	1846,58	0,000	0,000
77	1 850,00	25,00	257,83	256,00	1,83	R	48,12	1384,35	0,000	0,000
78	1 875,00	25,00	258,63	256,52	2,10	R	56,31	1305,38	0,000	0,000
79	1 900,00	25,00	259,45	257,63	1,82	R	47,84	1301,90	0,000	0,000
80	1 925,00	25,00	260,28	258,71	1,57	R	40,85	1108,63	0,000	0,000
81	1 950,00	25,00	261,13	259,54	1,59	R	41,40	1028,09	0,000	0,000
82	1 975,00	25,00	262,00	260,06	1,95	R	51,59	1162,30	0,000	0,000
83	1 991,87	16,87	262,59	260,63	1,96	R	52,08	874,47	0,000	0,000
84	2 000,00	8,13	262,88	261,09	1,79	R	46,92	402,40	0,000	0,000
85	2 025,00	25,00	263,74	262,25	1,48	R	38,31	1065,36	0,000	0,000
86	2 050,00	25,00	264,56	263,30	1,26	R	32,14	880,60	0,000	0,000
87	2 075,00	25,00	265,36	264,40	0,97	R	24,26	705,07	0,000	0,000
88	2 100,00	25,00	266,14	265,64	0,49	R	12,01	453,44	0,000	0,000
89	2 125,00	25,00	266,88	267,12	-0,24	D	0,00	150,15	7,584	94,799
90	2 150,00	25,00	267,60	269,26	-1,67	D	0,00	0,00	55,207	784,886
91	2 175,00	25,00	268,28	271,04	-2,76	D	0,00	0,00	95,805	1887,646
92	2 200,00	25,00	268,94	272,47	-3,53	D	0,00	0,00	126,878	2783,536
93	2 225,00	25,00	269,57	273,29	-3,72	D	0,00	0,00	134,769	3270,593
94	2 250,00	25,00	270,17	274,28	-4,11	D	0,00	0,00	150,993	3572,022
95	2 275,00	25,00	270,74	275,88	-5,14	D	0,00	0,00	196,803	4347,444
96	2 300,00	25,00	271,29	276,42	-5,13	D	0,00	0,00	196,541	4916,796
97	2 307,90	7,90	271,46	277,34	-5,89	D	0,00	0,00	232,185	1693,639
98	2 325,00	17,10	271,81	279,34	-7,53	D	0,00	0,00	315,533	4682,774
99	2 350,00	25,00	272,29	281,41	-9,12	D	0,00	0,00	403,822	8991,940
100	2 375,00	25,00	272,75	282,79	-10,04	D	0,00	0,00	458,196	10775,221
101	2 400,00	25,00	273,18	283,58	-10,39	D	0,00	0,00	480,010	11727,576
102	2 425,00	25,00	273,59	283,50	-9,92	D	0,00	0,00	450,956	11637,085
103	2 450,00	25,00	273,96	283,04	-9,08	D	0,00	0,00	401,523	10655,997
104	2 475,00	25,00	274,31	282,81	-8,50	D	0,00	0,00	368,531	9625,681
105	2 500,00	25,00	274,62	282,25	-7,63	D	0,00	0,00	320,862	8617,416
106	2 525,00	25,00	274,91	283,99	-9,08	D	0,00	0,00	401,529	9029,892
107	2 550,00	25,00	275,17	287,01	-11,84	D	0,00	0,00	572,477	12175,072
108	2 575,00	25,00	275,41	289,68	-14,28	D	0,00	0,00	742,640	16438,957

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

109	2 600,00	25,00	275,61	291,58	-15,97	D	0,00	0,00	871,495	20176,682
110	2 625,00	25,00	275,78	292,17	-16,39	D	0,00	0,00	904,402	22198,712
111	2 650,00	25,00	275,93	292,64	-16,71	D	0,00	0,00	929,976	22929,736
112	2 675,00	25,00	276,05	292,94	-16,89	D	0,00	0,00	944,775	23434,389
113	2 700,00	25,00	276,14	293,09	-16,95	D	0,00	0,00	949,795	23682,118
114	2 725,00	25,00	276,20	292,67	-16,47	D	0,00	0,00	911,041	23260,452
115	2 750,00	25,00	276,23	292,54	-16,31	D	0,00	0,00	897,856	22611,213
116	2 775,00	25,00	276,24	292,43	-16,19	D	0,00	0,00	888,469	22329,063
117	2 800,00	25,00	276,22	291,92	-15,71	D	0,00	0,00	850,722	21739,896
118	2 825,00	25,00	276,16	290,34	-14,18	D	0,00	0,00	735,348	19825,883
119	2 850,00	25,00	276,08	290,04	-13,96	D	0,00	0,00	719,448	18184,951
120	2 875,00	25,00	275,98	290,01	-14,03	D	0,00	0,00	724,645	18051,155
121	2 900,00	25,00	275,84	289,55	-13,71	D	0,00	0,00	701,264	17823,861
122	2 925,00	25,00	275,67	288,69	-13,02	D	0,00	0,00	652,567	16922,892
123	2 950,00	25,00	275,48	288,81	-13,33	D	0,00	0,00	674,643	16590,129
124	2 975,00	25,00	275,26	290,58	-15,33	D	0,00	0,00	821,382	18700,309
125	3 000,00	25,00	275,01	286,99	-11,98	D	0,00	0,00	582,048	17542,873
126	3 025,00	25,00	274,73	286,44	-11,71	D	0,00	0,00	564,019	14325,837
127	3 050,00	25,00	274,42	285,65	-11,23	D	0,00	0,00	532,839	13710,728
128	3 075,00	25,00	274,08	284,71	-10,63	D	0,00	0,00	494,905	12846,801
129	3 100,00	25,00	273,72	283,78	-10,06	D	0,00	0,00	459,848	11934,408
130	3 125,00	25,00	273,33	282,47	-9,15	D	0,00	0,00	405,376	10815,306
131	3 150,00	25,00	272,90	281,43	-8,52	D	0,00	0,00	369,822	9689,983
132	3 175,00	25,00	272,45	280,70	-8,24	D	0,00	0,00	354,101	9049,041
133	3 200,00	25,00	271,98	280,54	-8,56	D	0,00	0,00	371,993	9076,172
134	3 225,00	25,00	271,47	279,74	-8,27	D	0,00	0,00	355,518	9093,889
135	3 250,00	25,00	270,93	278,67	-7,74	D	0,00	0,00	326,501	8525,241
136	3 275,00	25,00	270,37	277,78	-7,41	D	0,00	0,00	308,971	7943,396
137	3 279,64	4,64	270,26	277,61	-7,35	D	0,00	0,00	305,823	1426,229
138	3 300,00	20,36	269,78	276,97	-7,19	D	0,00	0,00	297,464	6141,551
139	3 325,00	25,00	269,16	276,43	-7,27	D	0,00	0,00	301,689	7489,415
140	3 350,00	25,00	268,51	275,75	-7,24	D	0,00	0,00	300,102	7522,392
141	3 375,00	25,00	267,83	275,38	-7,54	D	0,00	0,00	316,049	7701,896
142	3 400,00	25,00	267,13	275,25	-8,12	D	0,00	0,00	347,225	8290,931
143	3 425,00	25,00	266,42	274,72	-8,30	D	0,00	0,00	357,043	8803,354
144	3 450,00	25,00	265,71	273,86	-8,15	D	0,00	0,00	348,809	8823,152
145	3 475,00	25,00	265,00	272,66	-7,66	D	0,00	0,00	322,484	8391,169
146	3 500,00	25,00	264,29	271,34	-7,05	D	0,00	0,00	290,066	7656,886
147	3 525,00	25,00	263,58	270,38	-6,80	D	0,00	0,00	277,481	7094,340
148	3 550,00	25,00	262,87	269,24	-6,37	D	0,00	0,00	255,907	6667,343
149	3 575,00	25,00	262,16	268,28	-6,12	D	0,00	0,00	243,228	6239,188
150	3 600,00	25,00	261,45	267,28	-5,83	D	0,00	0,00	229,526	5909,426
151	3 625,00	25,00	260,74	266,17	-5,43	D	0,00	0,00	210,451	5499,708
152	3 650,00	25,00	260,03	264,76	-4,73	D	0,00	0,00	178,185	4857,955
153	3 675,00	25,00	259,32	263,79	-4,47	D	0,00	0,00	166,815	4312,504
154	3 700,00	25,00	258,61	262,98	-4,37	D	0,00	0,00	162,490	4116,309
155	3 725,00	25,00	257,91	261,89	-3,99	D	0,00	0,00	145,868	3854,469
156	3 744,65	19,65	257,37	261,29	-3,92	D	0,00	0,00	143,175	2839,891
157	3 750,00	5,35	257,22	261,14	-3,91	D	0,00	0,00	142,642	764,517
158	3 775,00	25,00	256,56	259,77	-3,20	D	0,00	0,00	113,372	3200,176
159	3 800,00	25,00	255,92	258,59	-2,67	D	0,00	0,00	92,353	2571,567
160	3 825,00	25,00	255,30	257,66	-2,36	D	0,00	0,00	80,488	2160,505
161	3 850,00	25,00	254,70	256,29	-1,58	D	0,00	0,00	52,213	1658,754
162	3 875,00	25,00	254,13	255,05	-0,93	D	0,00	0,00	29,625	1022,974
163	3 900,00	25,00	253,57	254,08	-0,51	D	0,00	0,00	15,877	568,781
164	3 925,00	25,00	253,03	252,90	0,13	R	3,94	49,31	0,000	198,466
165	3 950,00	25,00	252,52	251,51	1,01	R	32,39	454,21	0,000	0,000
166	3 975,00	25,00	252,02	249,90	2,13	R	71,85	1303,03	0,000	0,000
167	4 000,00	25,00	251,55	248,58	2,97	R	104,04	2198,61	0,000	0,000

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

168	4 025,00	25,00	251,10	247,69	3,40	R	121,48	2819,00	0,000	0,000
169	4 050,00	25,00	250,66	247,30	3,36	R	119,90	3017,24	0,000	0,000
170	4 075,00	25,00	250,25	246,36	3,89	R	141,84	3271,74	0,000	0,000
171	4 094,44	19,44	249,95	245,86	4,09	R	150,18	2838,28	0,000	0,000
172	4 100,00	5,56	249,86	245,69	4,17	R	153,57	844,62	0,000	0,000
173	4 125,00	25,00	249,49	245,02	4,47	R	166,84	4005,07	0,000	0,000
174	4 150,00	25,00	249,14	243,71	5,43	R	210,47	4716,28	0,000	0,000
175	4 175,00	25,00	248,82	242,51	6,31	R	252,75	5790,20	0,000	0,000
176	4 200,00	25,00	248,51	241,77	6,74	R	274,51	6590,79	0,000	0,000
177	4 225,00	25,00	248,21	241,11	7,10	R	293,00	7093,90	0,000	0,000
178	4 250,00	25,00	247,91	240,38	7,52	R	315,19	7602,40	0,000	0,000
179	4 275,00	25,00	247,61	239,70	7,91	R	335,82	8137,62	0,000	0,000
180	4 300,00	25,00	247,31	239,39	7,91	R	336,11	8399,08	0,000	0,000
181	4 325,00	25,00	247,01	238,74	8,27	R	355,42	8644,11	0,000	0,000
182	4 350,00	25,00	246,71	238,48	8,22	R	353,13	8856,90	0,000	0,000
183	4 375,00	25,00	246,41	238,37	8,04	R	342,89	8700,27	0,000	0,000
184	4 400,00	25,00	246,11	238,24	7,87	R	333,83	8458,98	0,000	0,000
185	4 425,00	25,00	245,81	238,16	7,64	R	321,60	8192,89	0,000	0,000
186	4 450,00	25,00	245,51	238,06	7,44	R	310,84	7905,47	0,000	0,000
187	4 475,00	25,00	245,21	237,80	7,41	R	309,11	7749,38	0,000	0,000
188	4 500,00	25,00	244,91	237,71	7,20	R	298,10	7590,11	0,000	0,000
189	4 525,00	25,00	244,61	238,62	5,99	R	237,13	6690,37	0,000	0,000
190	4 550,00	25,00	244,31	237,64	6,67	R	270,80	6349,23	0,000	0,000
191	4 575,00	25,00	244,01	237,66	6,35	R	254,79	6569,98	0,000	0,000
192	4 600,00	25,00	243,71	237,67	6,03	R	239,27	6175,78	0,000	0,000
193	4 625,00	25,00	243,41	237,64	5,77	R	226,52	5822,31	0,000	0,000
194	4 650,00	25,00	243,11	237,79	5,32	R	205,18	5396,20	0,000	0,000
195	4 675,00	25,00	242,81	237,68	5,13	R	196,37	5019,39	0,000	0,000
196	4 700,00	25,00	242,51	237,48	5,03	R	191,79	4852,03	0,000	0,000
197	4 725,00	25,00	242,21	237,14	5,07	R	193,74	4819,10	0,000	0,000
198	4 750,00	25,00	241,91	236,90	5,00	R	190,70	4805,40	0,000	0,000
199	4 775,00	25,00	241,61	236,80	4,81	R	181,75	4655,53	0,000	0,000
200	4 800,00	25,00	241,31	236,77	4,54	R	169,79	4394,24	0,000	0,000
201	4 825,00	25,00	241,01	236,73	4,27	R	158,22	4100,10	0,000	0,000
202	4 850,00	25,00	240,71	236,91	3,79	R	137,67	3698,53	0,000	0,000
203	4 875,00	25,00	240,41	236,65	3,76	R	136,14	3422,55	0,000	0,000
204	4 885,75	10,75	240,28	236,44	3,84	R	139,50	1481,36	0,000	0,000
205	4 900,00	14,25	240,11	236,23	3,88	R	141,12	1999,61	0,000	0,000
206	4 925,00	25,00	239,81	236,22	3,59	R	129,08	3377,53	0,000	0,000
207	4 950,00	25,00	239,51	236,19	3,32	R	117,98	3088,28	0,000	0,000
208	4 975,00	25,00	239,21	236,30	2,91	R	101,71	2746,15	0,000	0,000
209	5 000,00	25,00	238,91	236,52	2,38	R	81,38	2288,63	0,000	0,000
210	<b>5 012,67</b>	12,67	238,75	236,75	2,00	R	67,20	941,55	0,000	0,000

**632 994,089**

**736 507,941**

Longueur Totale du Tracé de la variante 01: **5012.67 m**

Déblai Total de la variante 01: **736 507.941 m<sup>3</sup>**

Remblai Total de la variante 01: **632 994.089 m<sup>3</sup>**

# **Etude de la Variante N°02**

**2) Calcul de la variante N°02**

- **Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante N°02 :**

**Tableau III-16 : Coordonnées des sommets variante N°02**

N	X (m)	Y (m)
1	257145.2718	3977817.655
2	258324.8475	3978617.64
3	260269.2517	3979447.267
4	261473.1893	3980307.721

- **Gisements, angles au centre et distances :**

**Tableau III-17 : Gisements, angles au centre et distances variante N°02**

Valeurs $\Delta X$ et $\Delta Y$ (m)		Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)
$\Delta X =$	1 179.5757	$G_{1.2} =$	62.0611	$\beta 1 =$	12.2648	1425.263
$\Delta Y =$	799.9848					
$\Delta X =$	1 944.4042	$G_{2.3} =$	74.3259	$\beta 2 =$	13.8297	2113.998
$\Delta Y =$	829.6276					
$\Delta X =$	1 203.9376	$G_{3.4} =$	60.4962			1479.813
$\Delta Y =$	860.4540					

- **Calcul des paramètres des raccordements circulaires :**

**Tableau III-18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre variante N°02**

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta 1 = 12.2648$	5 000.00	483.1328	963.2751	23.1795	23.2875
$\beta 2 = 13.8297$	5 000.00	545.2369	1 086.1821	29.4658	29.6405
$\Sigma R_c =$			<b>2049.45</b>		

➤ **Les longueurs de tracé :**

✓ **La longueur totale des alignements droits mesurée  $L_{AD}$  :**

$$AD1 = 1425.263 - 483.1328 = \mathbf{942.13 \text{ m}}$$

$$AD2 = 2113.998 - 483.1328 - 545.2369 = \mathbf{1085.62 \text{ m}}$$

$$AD3 = 1479.813 - 545.2369 = \mathbf{934.57 \text{ m}}$$

$$\longrightarrow L_{AD} = \Sigma AD = \mathbf{2962.32 \text{ m}}$$

✓ **La longueur totale des arcs de cercles calculées  $L_C$  :**

$$\longrightarrow L_C = \Sigma R_C = \Sigma D = \mathbf{2049.45 \text{ m}}$$

✓ **La longueur totale de tracé mesurée :**

$$L_T = \Sigma AD + \Sigma R_C = 2962.32 + 2049.45$$

$$\longrightarrow L_T = \mathbf{5011.77 \text{ m}}$$

➤ **Pourcentage des alignements droits :**

$$\% \text{ alignements droits} = L_{AD} / L_T = 2962.32 / 5011.77 = \mathbf{59.11\%}$$

**Condition vérifié**

**Pourcentage des courbes :**

$$\% \text{ Courbes} = L_C / L_T = 2049.45 / 5011.77 = \mathbf{40.89\%}$$

**Condition vérifié**

➤ **Déclivité cumulée :**

**Tableau III-19 : calcul des déclivités cumulés variante N°02**

N°	Distance		Z (m)	Dénivelé (m)
	Partielle (m)	Cumulée (m)		
1	0.00	0.00	227.11	
2	25.00	25.00	227.11	-0.01
3	25.00	50.00	227.15	0.04
4	25.00	75.00	227.15	0.00


5	25.00	100.00	227.01	-0.14
6	25.00	125.00	227.16	0.15
7	25.00	150.00	227.17	0.01
8	25.00	175.00	227.13	-0.05
9	25.00	200.00	227.17	0.04
10	25.00	225.00	227.21	0.05
11	25.00	250.00	227.33	0.12
12	25.00	275.00	227.34	0.01
13	25.00	300.00	227.46	0.12
14	25.00	325.00	227.50	0.04
15	25.00	350.00	227.58	0.07
16	25.00	375.00	227.77	0.19
17	25.00	400.00	228.14	0.37
18	25.00	425.00	228.38	0.24
19	25.00	450.00	228.44	0.06
20	25.00	475.00	228.49	0.06
21	25.00	500.00	228.63	0.14
22	25.00	525.00	228.60	-0.03
23	25.00	550.00	228.68	0.08
24	25.00	575.00	228.78	0.10
25	25.00	600.00	229.22	0.44
26	25.00	625.00	229.54	0.32
27	25.00	650.00	229.08	-0.46
28	25.00	675.00	229.01	-0.07
29	25.00	700.00	229.62	0.61
30	25.00	725.00	229.83	0.21
31	25.00	750.00	229.80	-0.03
32	25.00	775.00	229.95	0.15
33	25.00	800.00	229.92	-0.03
34	25.00	825.00	229.79	-0.13
35	25.00	850.00	230.08	0.30
36	25.00	875.00	230.12	0.03
37	25.00	900.00	230.06	-0.06
38	25.00	925.00	230.17	0.11
39	16.22	941.22	230.29	0.12
40	8.78	950.00	230.38	0.08
41	25.00	975.00	230.65	0.28
42	25.00	1000.00	230.88	0.23
43	25.00	1025.00	231.19	0.31
44	25.00	1050.00	231.91	0.72
45	25.00	1075.00	232.30	0.39
46	25.00	1100.00	232.21	-0.09
47	25.00	1125.00	232.57	0.37
48	25.00	1150.00	233.60	1.03
49	25.00	1175.00	234.19	0.59
50	25.00	1200.00	234.84	0.65


51	25.00	1225.00	235.71	0.87
52	25.00	1250.00	236.32	0.61
53	25.00	1275.00	237.25	0.93
54	25.00	1300.00	237.96	0.71
55	25.00	1325.00	238.63	0.67
56	25.00	1350.00	239.45	0.82
57	25.00	1375.00	240.28	0.83
58	25.00	1400.00	239.74	-0.54
59	25.00	1425.00	239.67	-0.06
60	25.00	1450.00	239.72	0.05
61	25.00	1475.00	239.93	0.21
62	25.00	1500.00	240.29	0.36
63	25.00	1525.00	240.66	0.37
64	25.00	1550.00	240.79	0.13
65	25.00	1575.00	241.31	0.53
66	25.00	1600.00	242.07	0.76
67	25.00	1625.00	242.94	0.87
68	25.00	1650.00	243.63	0.69
69	25.00	1675.00	244.41	0.79
70	25.00	1700.00	245.13	0.72
71	25.00	1725.00	246.11	0.98
72	25.00	1750.00	247.30	1.19
73	25.00	1775.00	248.30	1.00
74	25.00	1800.00	249.51	1.22
75	25.00	1825.00	250.56	1.05
76	25.00	1850.00	251.52	0.96
77	25.00	1875.00	252.14	0.62
78	25.00	1900.00	252.53	0.39
79	6.28	1906.28	252.55	0.02
80	18.72	1925.00	253.36	0.81
81	25.00	1950.00	254.34	0.98
82	25.00	1975.00	255.39	1.05
83	25.00	2000.00	256.18	0.79
84	25.00	2025.00	257.49	1.31
85	25.00	2050.00	258.97	1.48
86	25.00	2075.00	260.23	1.26
87	25.00	2100.00	261.41	1.18
88	25.00	2125.00	263.11	1.70
89	25.00	2150.00	265.23	2.12
90	25.00	2175.00	267.36	2.14
91	25.00	2200.00	268.38	1.01
92	25.00	2225.00	269.72	1.34
93	25.00	2250.00	270.58	0.86
94	25.00	2275.00	272.45	1.88
95	25.00	2300.00	274.44	1.99

96	25.00	2325.00	277.38	2.94
97	25.00	2350.00	279.79	2.42
98	25.00	2375.00	281.20	1.41
99	25.00	2400.00	282.48	1.28
100	25.00	2425.00	282.72	0.23
101	25.00	2450.00	282.67	-0.05
102	25.00	2475.00	282.97	0.31
103	25.00	2500.00	282.82	-0.15
104	25.00	2525.00	284.28	1.46
105	25.00	2550.00	287.20	2.91
106	25.00	2575.00	289.84	2.65
107	25.00	2600.00	292.19	2.35
108	25.00	2625.00	293.34	1.15
109	25.00	2650.00	294.12	0.78
110	25.00	2675.00	294.50	0.37
111	25.00	2700.00	295.22	0.72
112	25.00	2725.00	295.83	0.61
113	25.00	2750.00	295.43	-0.40
114	25.00	2775.00	295.69	0.27
115	25.00	2800.00	294.16	-1.53
116	25.00	2825.00	293.13	-1.03
117	25.00	2850.00	293.04	-0.09
118	25.00	2875.00	293.43	0.39
119	25.00	2900.00	292.54	-0.89
120	25.00	2925.00	291.66	-0.89
121	25.00	2950.00	291.32	-0.34
122	25.00	2975.00	291.56	0.24
123	16.01	2991.01	291.85	0.29
124	8.99	3000.00	292.04	0.19
125	25.00	3025.00	292.96	0.92
126	25.00	3050.00	292.64	-0.32
127	25.00	3075.00	291.32	-1.32
128	25.00	3100.00	290.20	-1.12
129	25.00	3125.00	288.97	-1.23
130	25.00	3150.00	287.79	-1.18
131	25.00	3175.00	286.71	-1.09
132	25.00	3200.00	286.22	-0.49
133	25.00	3225.00	285.67	-0.55
134	25.00	3250.00	285.58	-0.09
135	25.00	3275.00	285.26	-0.31
136	25.00	3300.00	283.81	-1.46
137	25.00	3325.00	282.44	-1.37
138	25.00	3350.00	281.31	-1.12
139	25.00	3375.00	280.65	-0.66
140	25.00	3400.00	279.35	-1.30

141	25.00	3425.00	278.32	-1.03
142	25.00	3450.00	277.57	-0.75
143	25.00	3475.00	276.12	-1.45
144	25.00	3500.00	274.47	-1.65
145	25.00	3525.00	273.40	-1.07
146	25.00	3550.00	271.91	-1.49
147	25.00	3575.00	270.55	-1.36
148	25.00	3600.00	269.20	-1.35
149	25.00	3625.00	267.96	-1.24
150	25.00	3650.00	266.75	-1.21
151	25.00	3675.00	265.58	-1.17
152	25.00	3700.00	264.47	-1.11
153	25.00	3725.00	263.48	-0.99
154	25.00	3750.00	262.45	-1.03
155	25.00	3775.00	261.45	-1.00
156	25.00	3800.00	260.40	-1.05
157	25.00	3825.00	259.38	-1.02
158	25.00	3850.00	257.97	-1.41
159	25.00	3875.00	256.78	-1.19
160	25.00	3900.00	255.62	-1.16
161	25.00	3925.00	254.73	-0.89
162	25.00	3950.00	253.38	-1.35
163	25.00	3975.00	251.93	-1.44
164	25.00	4000.00	250.24	-1.70
165	25.00	4025.00	248.32	-1.92
166	25.00	4050.00	247.14	-1.18
167	25.00	4075.00	246.00	-1.14
168	2.19	4077.19	245.91	-0.10
169	22.81	4100.00	245.48	-0.43
170	25.00	4125.00	244.89	-0.59
171	25.00	4150.00	243.91	-0.98
172	25.00	4175.00	242.64	-1.27
173	25.00	4200.00	241.75	-0.89
174	25.00	4225.00	241.09	-0.66
175	25.00	4250.00	240.43	-0.66
176	25.00	4275.00	239.74	-0.70
177	25.00	4300.00	239.40	-0.34
178	25.00	4325.00	238.71	-0.69
179	25.00	4350.00	238.46	-0.25
180	25.00	4375.00	238.30	-0.16
181	25.00	4400.00	238.15	-0.15
182	25.00	4425.00	238.09	-0.06
183	25.00	4450.00	238.11	0.02
184	25.00	4475.00	238.00	-0.12
185	25.00	4500.00	237.88	-0.12

186	25.00	4525.00	237.77	-0.11
187	25.00	4550.00	237.82	0.05
188	25.00	4575.00	237.66	-0.17
189	25.00	4600.00	237.68	0.03
190	25.00	4625.00	237.71	0.03
191	25.00	4650.00	237.47	-0.24
192	25.00	4675.00	237.27	-0.19
193	25.00	4700.00	237.06	-0.22
194	25.00	4725.00	236.89	-0.16
195	25.00	4750.00	236.83	-0.06
196	25.00	4775.00	236.75	-0.08
197	25.00	4800.00	236.68	-0.08
198	25.00	4825.00	236.64	-0.04
199	25.00	4850.00	236.52	-0.13
200	25.00	4875.00	236.47	-0.05
201	25.00	4900.00	236.35	-0.12
202	25.00	4925.00	236.31	-0.04
203	25.00	4950.00	236.10	-0.21
204	25.00	4975.00	236.29	0.19
205	25.00	5000.00	236.53	0.25
206	11.77	<b>5011.77</b>	236.75	0.22
			H	<b>9.64</b>
			H/L	<b>0.0019</b>
			H/L %	<b>0.19%</b>

➤ **Déclivité cumulée :**  $D_c = 0.19\%$   **Terrain plat**

➤ **Sinuosité :**  $\sigma = \frac{L_s}{L} = 0$   **Sinuosité faible**

$$L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m}) \quad L_s = 0 \text{ m}$$

➤ **Environnement :**

1- Dénivelée cumulée :  $D_c = 0.19\%$  (terrain plat)

2- Sinuosité :  $\sigma = 0$  (sinuosité faible)

 **Environnement : E1**

➤ **Vitesse de référence :** **Cat 01 et E 01**  **Vr = 100 km/h**

➤ **Calcul de cubature approchée de la variante N°02 :**

**Tableau III-20 : Tableau de cubature approchée de la variante 02**

N°	Distance		Z		Hauteur H (m)	R / D	Remblai		Déblai	
	Cumulée (m)	Partielle (m)	Z Projet (m)	Z TN (m)			Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	0,00	0,00	229,11	227,11	2,00	R	53,20		0,000	
2	25,00	25,00	229,29	227,11	2,18	R	58,63	1 397,848	0,00	0,000
3	50,00	25,00	229,47	227,15	2,32	R	62,73	1 517,022	0,00	0,000
4	75,00	25,00	229,64	227,15	2,49	R	68,06	1 634,937	0,00	0,000
5	100,00	25,00	229,82	227,01	2,81	R	78,10	1 827,044	0,00	0,000
6	125,00	25,00	229,99	227,16	2,83	R	78,82	1 961,539	0,00	0,000
7	150,00	25,00	230,17	227,17	2,99	R	84,10	2 036,523	0,00	0,000
8	175,00	25,00	230,34	227,13	3,22	R	91,44	2 194,242	0,00	0,000
9	200,00	25,00	230,52	227,17	3,35	R	96,01	2 343,080	0,00	0,000
10	225,00	25,00	230,69	227,21	3,48	R	100,38	2 454,794	0,00	0,000
11	250,00	25,00	230,87	227,33	3,54	R	102,28	2 533,189	0,00	0,000
12	275,00	25,00	231,05	227,34	3,70	R	107,91	2 627,423	0,00	0,000
13	300,00	25,00	231,22	227,46	3,76	R	109,86	2 722,202	0,00	0,000
14	325,00	25,00	231,40	227,50	3,89	R	114,66	2 806,538	0,00	0,000
15	350,00	25,00	231,57	227,58	4,00	R	118,23	2 911,170	0,00	0,000
16	375,00	25,00	231,75	227,77	3,98	R	117,60	2 947,906	0,00	0,000
17	400,00	25,00	231,92	228,14	3,79	R	110,83	2 855,363	0,00	0,000
18	425,00	25,00	232,10	228,38	3,72	R	108,54	2 742,106	0,00	0,000
19	450,00	25,00	232,28	228,44	3,84	R	112,75	2 766,064	0,00	0,000
20	475,00	25,00	232,45	228,49	3,96	R	116,88	2 870,357	0,00	0,000
21	500,00	25,00	232,63	228,63	4,00	R	118,32	2 940,054	0,00	0,000
22	525,00	25,00	232,80	228,60	4,21	R	125,77	3 051,170	0,00	0,000
23	550,00	25,00	232,98	228,68	4,30	R	129,17	3 186,834	0,00	0,000
24	575,00	25,00	233,15	228,78	4,38	R	132,02	3 264,886	0,00	0,000
25	600,00	25,00	233,33	229,22	4,11	R	122,32	3 179,198	0,00	0,000
26	625,00	25,00	233,50	229,54	3,97	R	117,30	2 995,220	0,00	0,000
27	650,00	25,00	233,68	229,08	4,60	R	140,42	3 221,422	0,00	0,000
28	675,00	25,00	233,86	229,01	4,84	R	149,52	3 624,231	0,00	0,000
29	700,00	25,00	234,03	229,62	4,41	R	133,37	3 536,153	0,00	0,000
30	725,00	25,00	234,21	229,83	4,38	R	131,99	3 316,954	0,00	0,000
31	750,00	25,00	234,38	229,80	4,58	R	139,65	3 395,408	0,00	0,000
32	775,00	25,00	234,56	229,95	4,61	R	140,72	3 504,610	0,00	0,000
33	800,00	25,00	234,73	229,92	4,82	R	148,50	3 615,306	0,00	0,000
34	825,00	25,00	234,91	229,79	5,12	R	160,26	3 859,506	0,00	0,000
35	825,74	0,74	234,92	229,80	5,12	R	160,12	118,876	0,00	0,000
36	850,00	24,26	235,09	230,08	5,01	R	155,91	3 833,039	0,00	0,000
37	875,00	25,00	235,30	230,12	5,18	R	162,47	3 979,732	0,00	0,000
38	900,00	25,00	235,52	230,06	5,46	R	173,40	4 198,433	0,00	0,000
39	925,00	25,00	235,75	230,17	5,58	R	178,43	4 397,931	0,00	0,000

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

40	941,22	16,22	235,92	230,29	5,63	R	180,23	2 909,322	0,00	0,000
41	950,00	8,78	236,01	230,38	5,63	R	180,56	1 583,292	0,00	0,000
42	975,00	25,00	236,28	230,65	5,63	R	180,30	4 510,638	0,00	0,000
43	1 000,00	25,00	236,57	230,88	5,69	R	182,78	4 538,488	0,00	0,000
44	1 025,00	25,00	236,88	231,19	5,69	R	182,93	4 571,356	0,00	0,000
45	1 050,00	25,00	237,21	231,91	5,30	R	167,17	4 376,212	0,00	0,000
46	1 075,00	25,00	237,55	232,30	5,26	R	165,49	4 158,291	0,00	0,000
47	1 100,00	25,00	237,92	232,21	5,71	R	183,67	4 364,525	0,00	0,000
48	1 125,00	25,00	238,30	232,57	5,73	R	184,29	4 599,501	0,00	0,000
49	1 150,00	25,00	238,70	233,60	5,09	R	159,03	4 291,483	0,00	0,000
50	1 175,00	25,00	239,11	234,19	4,92	R	152,50	3 894,090	0,00	0,000
51	1 200,00	25,00	239,55	234,84	4,70	R	144,17	3 708,330	0,00	0,000
52	1 225,00	25,00	240,00	235,71	4,29	R	128,77	3 411,771	0,00	0,000
53	1 250,00	25,00	240,47	236,32	4,15	R	123,77	3 156,796	0,00	0,000
54	1 275,00	25,00	240,95	237,25	3,71	R	108,05	2 897,744	0,00	0,000
55	1 300,00	25,00	241,46	237,96	3,50	R	100,90	2 611,867	0,00	0,000
56	1 325,00	25,00	241,98	238,63	3,35	R	95,89	2 459,922	0,00	0,000
57	1 350,00	25,00	242,52	239,45	3,07	R	86,72	2 282,680	0,00	0,000
58	1 375,00	25,00	243,08	240,28	2,81	R	78,01	2 059,128	0,00	0,000
59	1 400,00	25,00	243,66	239,74	3,92	R	115,73	2 421,807	0,00	0,000
60	1 425,00	25,00	244,26	239,67	4,58	R	139,66	3 192,494	0,00	0,000
61	1 450,00	25,00	244,87	239,72	5,15	R	161,21	3 760,939	0,00	0,000
62	1 475,00	25,00	245,50	239,93	5,57	R	177,98	4 239,847	0,00	0,000
63	1 500,00	25,00	246,15	240,29	5,86	R	189,67	4 595,636	0,00	0,000
64	1 525,00	25,00	246,81	240,66	6,15	R	201,95	4 895,289	0,00	0,000
65	1 550,00	25,00	247,50	240,79	6,71	R	225,90	5 348,129	0,00	0,000
66	1 575,00	25,00	248,20	241,31	6,89	R	233,60	5 743,813	0,00	0,000
67	1 600,00	25,00	248,92	242,07	6,85	R	232,00	5 819,991	0,00	0,000
68	1 625,00	25,00	249,66	242,94	6,72	R	226,36	5 729,388	0,00	0,000
69	1 650,00	25,00	250,41	243,63	6,79	R	229,21	5 694,532	0,00	0,000
70	1 675,00	25,00	251,18	244,41	6,77	R	228,66	5 723,357	0,00	0,000
71	1 700,00	25,00	251,98	245,13	6,84	R	231,75	5 755,179	0,00	0,000
72	1 725,00	25,00	252,78	246,11	6,67	R	224,29	5 700,576	0,00	0,000
73	1 750,00	25,00	253,61	247,30	6,31	R	208,78	5 413,374	0,00	0,000
74	1 775,00	25,00	254,46	248,30	6,16	R	202,29	5 138,331	0,00	0,000
75	1 800,00	25,00	255,32	249,51	5,81	R	187,62	4 873,915	0,00	0,000
76	1 825,00	25,00	256,20	250,56	5,64	R	180,86	4 606,074	0,00	0,000
77	1 850,00	25,00	257,10	251,52	5,57	R	178,19	4 488,123	0,00	0,000
78	1 875,00	25,00	258,01	252,14	5,87	R	190,20	4 604,796	0,00	0,000
79	1 900,00	25,00	258,95	252,53	6,42	R	213,23	5 042,828	0,00	0,000
80	1 906,28	6,28	259,19	252,55	6,64	R	222,78	1 369,563	0,00	0,000
81	1 925,00	18,72	259,90	253,36	6,54	R	218,69	4 131,602	0,00	0,000
82	1 945,79	20,79	260,71	254,16	6,55	R	218,87	4 547,652	0,00	0,000
83	1 950,00	4,21	260,87	254,34	6,53	R	218,17	920,716	0,00	0,000
84	1 975,00	25,00	261,85	255,39	6,46	R	214,84	5 412,698	0,00	0,000
85	1 985,53	10,53	262,26	255,57	6,69	R	224,99	2 315,070	0,00	0,000
86	2 000,00	14,47	262,82	256,18	6,64	R	222,77	3 240,220	0,00	0,000

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

87	2 025,00	25,00	263,76	257,49	6,27	R	207,09	5 373,232	0,00	0,000
88	2 050,00	25,00	264,67	258,97	5,71	R	183,47	4 882,058	0,00	0,000
89	2 075,00	25,00	265,56	260,23	5,33	R	168,39	4 398,304	0,00	0,000
90	2 100,00	25,00	266,41	261,41	5,00	R	155,60	4 049,873	0,00	0,000
91	2 125,00	25,00	267,24	263,11	4,13	R	123,00	3 482,452	0,00	0,000
92	2 150,00	25,00	268,03	265,23	2,80	R	77,97	2 512,127	0,00	0,000
93	2 175,00	25,00	268,80	267,36	1,43	R	36,84	1 435,221	0,00	0,000
94	2 200,00	25,00	269,53	268,38	1,15	R	29,18	825,230	0,00	0,000
95	2 225,00	25,00	270,24	269,72	0,52	R	12,62	522,468	0,00	0,000
96	2 250,00	25,00	270,91	270,58	0,34	R	8,08	258,800	0,00	0,000
97	2 275,00	25,00	271,56	272,45	-0,89	D	0,00	101,021	22,31	278,847
98	2 300,00	25,00	272,17	274,44	-2,26	D	0,00	0,000	61,11	1 042,758
99	2 325,00	25,00	272,76	277,38	-4,62	D	0,00	0,000	140,88	2 524,912
100	2 350,00	25,00	273,32	279,79	-6,48	D	0,00	0,000	215,72	4 457,500
101	2 375,00	25,00	273,84	281,20	-7,36	D	0,00	0,000	254,97	5 883,608
102	2 400,00	25,00	274,34	282,48	-8,14	D	0,00	0,000	291,66	6 832,877
103	2 425,00	25,00	274,81	282,72	-7,91	D	0,00	0,000	280,49	7 151,838
104	2 450,00	25,00	275,25	282,67	-7,42	D	0,00	0,000	257,66	6 726,761
105	2 475,00	25,00	275,65	282,97	-7,32	D	0,00	0,000	253,05	6 383,793
106	2 500,00	25,00	276,03	282,82	-6,79	D	0,00	0,000	229,45	6 031,263
107	2 525,00	25,00	276,38	284,28	-7,90	D	0,00	0,000	280,21	6 370,800
108	2 550,00	25,00	276,70	287,20	-10,50	D	0,00	0,000	412,99	8 664,985
109	2 575,00	25,00	276,99	289,84	-12,86	D	0,00	0,000	551,36	12 054,349
110	2 600,00	25,00	277,25	292,19	-14,94	D	0,00	0,000	687,66	15 487,792
111	2 625,00	25,00	277,48	293,34	-15,86	D	0,00	0,000	751,73	17 992,458
112	2 650,00	25,00	277,68	294,12	-16,45	D	0,00	0,000	793,82	19 319,478
113	2 675,00	25,00	277,85	294,50	-16,65	D	0,00	0,000	808,83	20 033,124
114	2 700,00	25,00	277,99	295,22	-17,23	D	0,00	0,000	852,12	20 761,791
115	2 725,00	25,00	278,10	295,83	-17,74	D	0,00	0,000	890,45	21 782,087
116	2 750,00	25,00	278,18	295,43	-17,25	D	0,00	0,000	853,70	21 801,860
117	2 775,00	25,00	278,23	295,69	-17,47	D	0,00	0,000	869,92	21 545,231
118	2 800,00	25,00	278,25	294,16	-15,91	D	0,00	0,000	755,41	20 316,615
119	2 825,00	25,00	278,24	293,13	-14,89	D	0,00	0,000	683,86	17 990,920
120	2 850,00	25,00	278,20	293,04	-14,84	D	0,00	0,000	680,32	17 052,337
121	2 875,00	25,00	278,13	293,43	-15,30	D	0,00	0,000	712,04	17 404,566
122	2 900,00	25,00	278,03	292,54	-14,51	D	0,00	0,000	658,19	17 127,837
123	2 925,00	25,00	277,91	291,66	-13,75	D	0,00	0,000	608,12	15 828,818
124	2 950,00	25,00	277,75	291,32	-13,57	D	0,00	0,000	596,41	15 056,640
125	2 975,00	25,00	277,56	291,56	-13,99	D	0,00	0,000	624,04	15 255,634
126	2 991,01	16,01	277,43	291,85	-14,42	D	0,00	0,000	652,32	10 218,954
127	3 000,00	8,99	277,34	292,04	-14,70	D	0,00	0,000	670,78	5 945,523
128	3 025,00	25,00	277,10	292,96	-15,86	D	0,00	0,000	751,92	17 783,701
129	3 050,00	25,00	276,82	292,64	-15,82	D	0,00	0,000	749,02	18 761,777
130	3 075,00	25,00	276,51	291,32	-14,81	D	0,00	0,000	678,43	17 843,191
131	3 100,00	25,00	276,18	290,20	-14,03	D	0,00	0,000	626,20	16 307,878
132	3 125,00	25,00	275,81	288,97	-13,16	D	0,00	0,000	570,59	14 959,830
133	3 150,00	25,00	275,42	287,79	-12,38	D	0,00	0,000	522,01	13 657,472

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

134	3 175,00	25,00	274,99	286,71	-11,72	D	0,00	0,000	482,42	12 555,350
135	3 200,00	25,00	274,53	286,22	-11,68	D	0,00	0,000	480,46	12 036,019
136	3 225,00	25,00	274,05	285,67	-11,62	D	0,00	0,000	476,61	11 963,427
137	3 250,00	25,00	273,53	285,58	-12,04	D	0,00	0,000	501,59	12 227,539
138	3 275,00	25,00	272,99	285,26	-12,27	D	0,00	0,000	515,50	12 713,630
139	3 300,00	25,00	272,42	283,81	-11,39	D	0,00	0,000	463,37	12 235,819
140	3 325,00	25,00	271,81	282,44	-10,62	D	0,00	0,000	420,08	11 043,098
141	3 350,00	25,00	271,18	281,31	-10,14	D	0,00	0,000	393,35	10 167,877
142	3 375,00	25,00	270,51	280,65	-10,14	D	0,00	0,000	393,38	9 834,149
143	3 400,00	25,00	269,82	279,35	-9,53	D	0,00	0,000	361,19	9 432,171
144	3 425,00	25,00	269,10	278,32	-9,22	D	0,00	0,000	345,06	8 828,189
145	3 437,43	12,43	268,73	277,90	-9,17	D	0,00	0,000	342,57	4 273,685
146	3 450,00	12,57	268,35	277,57	-9,22	D	0,00	0,000	345,21	4 322,616
147	3 475,00	25,00	267,60	276,12	-8,52	D	0,00	0,000	309,97	8 189,746
148	3 500,00	25,00	266,84	274,47	-7,63	D	0,00	0,000	267,30	7 215,789
149	3 525,00	25,00	266,09	273,40	-7,31	D	0,00	0,000	252,65	6 499,346
150	3 550,00	25,00	265,34	271,91	-6,57	D	0,00	0,000	219,94	5 907,428
151	3 575,00	25,00	264,59	270,55	-5,96	D	0,00	0,000	194,02	5 174,546
152	3 600,00	25,00	263,83	269,20	-5,37	D	0,00	0,000	169,88	4 548,819
153	3 625,00	25,00	263,08	267,96	-4,88	D	0,00	0,000	150,87	4 009,432
154	3 650,00	25,00	262,33	266,75	-4,42	D	0,00	0,000	133,62	3 556,135
155	3 675,00	25,00	261,57	265,58	-4,01	D	0,00	0,000	118,59	3 152,568
156	3 700,00	25,00	260,82	264,47	-3,65	D	0,00	0,000	106,12	2 808,861
157	3 712,52	12,52	260,44	263,98	-3,53	D	0,00	0,000	102,07	1 303,248
158	3 725,00	12,48	260,07	263,48	-3,41	D	0,00	0,000	97,99	1 248,406
159	3 750,00	25,00	259,33	262,45	-3,12	D	0,00	0,000	88,25	2 327,990
160	3 775,00	25,00	258,61	261,45	-2,84	D	0,00	0,000	79,07	2 091,515
161	3 800,00	25,00	257,91	260,40	-2,50	D	0,00	0,000	68,35	1 842,685
162	3 825,00	25,00	257,22	259,38	-2,17	D	0,00	0,000	58,16	1 581,350
163	3 850,00	25,00	256,54	257,97	-1,43	D	0,00	0,000	36,93	1 188,668
164	3 875,00	25,00	255,88	256,78	-0,90	D	0,00	0,000	22,45	742,245
165	3 900,00	25,00	255,24	255,62	-0,38	D	0,00	0,000	9,26	396,386
166	3 925,00	25,00	254,61	254,73	-0,12	D	0,00	0,000	2,85	151,467
167	3 950,00	25,00	254,00	253,38	0,62	R	19,54	244,195	0,00	35,670
168	3 975,00	25,00	253,40	251,93	1,47	R	48,13	845,806	0,00	0,000
169	4 000,00	25,00	252,82	250,24	2,58	R	89,01	1 714,179	0,00	0,000
170	4 025,00	25,00	252,26	248,32	3,93	R	143,57	2 907,187	0,00	0,000
171	4 050,00	25,00	251,71	247,14	4,56	R	170,86	3 930,415	0,00	0,000
172	4 075,00	25,00	251,17	246,00	5,17	R	198,28	4 614,315	0,00	0,000
173	4 077,19	2,19	251,13	245,91	5,22	R	200,58	436,890	0,00	0,000
174	4 100,00	22,81	250,65	245,48	5,18	R	198,56	4 551,996	0,00	0,000
175	4 125,00	25,00	250,15	244,89	5,26	R	202,47	5 012,811	0,00	0,000
176	4 150,00	25,00	249,66	243,91	5,75	R	225,77	5 352,942	0,00	0,000
177	4 175,00	25,00	249,19	242,64	6,55	R	264,81	6 132,282	0,00	0,000
178	4 200,00	25,00	248,74	241,75	6,99	R	286,98	6 897,462	0,00	0,000
179	4 225,00	25,00	248,30	241,09	7,21	R	298,42	7 317,530	0,00	0,000
180	4 250,00	25,00	247,87	240,43	7,44	R	310,53	7 611,805	0,00	0,000

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

<b>181</b>	4 275,00	25,00	247,46	239,74	7,72	R	325,85	7 954,689	0,00	0,000
<b>182</b>	4 300,00	25,00	247,07	239,40	7,67	R	322,96	8 110,143	0,00	0,000
<b>183</b>	4 325,00	25,00	246,69	238,71	7,98	R	339,66	8 282,830	0,00	0,000
<b>184</b>	4 350,00	25,00	246,33	238,46	7,87	R	333,79	8 418,217	0,00	0,000
<b>185</b>	4 375,00	25,00	245,98	238,30	7,69	R	323,82	8 220,150	0,00	0,000
<b>186</b>	4 400,00	25,00	245,65	238,15	7,50	R	313,98	7 972,510	0,00	0,000
<b>187</b>	4 425,00	25,00	245,34	238,09	7,24	R	300,35	7 679,184	0,00	0,000
<b>188</b>	4 450,00	25,00	245,04	238,11	6,92	R	283,67	7 300,345	0,00	0,000
<b>189</b>	4 470,06	20,06	244,81	238,01	6,79	R	277,10	5 624,907	0,00	0,000
<b>190</b>	4 475,00	4,94	244,75	238,00	6,75	R	275,08	1 363,582	0,00	0,000
<b>191</b>	4 500,00	25,00	244,47	237,88	6,59	R	266,78	6 773,223	0,00	0,000
<b>192</b>	4 525,00	25,00	244,19	237,77	6,42	R	258,26	6 562,971	0,00	0,000
<b>193</b>	4 550,00	25,00	243,91	237,82	6,09	R	242,00	6 253,218	0,00	0,000
<b>194</b>	4 575,00	25,00	243,63	237,66	5,98	R	236,53	5 981,654	0,00	0,000
<b>195</b>	4 600,00	25,00	243,35	237,68	5,67	R	221,89	5 730,235	0,00	0,000
<b>196</b>	4 625,00	25,00	243,08	237,71	5,37	R	207,39	5 365,972	0,00	0,000
<b>197</b>	4 650,00	25,00	242,80	237,47	5,33	R	205,70	5 163,657	0,00	0,000
<b>198</b>	4 675,00	25,00	242,52	237,27	5,24	R	201,62	5 091,563	0,00	0,000
<b>199</b>	4 700,00	25,00	242,24	237,06	5,18	R	198,84	5 005,784	0,00	0,000
<b>200</b>	4 725,00	25,00	241,96	236,89	5,06	R	193,47	4 903,818	0,00	0,000
<b>201</b>	4 750,00	25,00	241,68	236,83	4,85	R	183,60	4 713,309	0,00	0,000
<b>202</b>	4 775,00	25,00	241,40	236,75	4,64	R	174,47	4 475,916	0,00	0,000
<b>203</b>	4 800,00	25,00	241,12	236,68	4,44	R	165,46	4 249,188	0,00	0,000
<b>204</b>	4 825,00	25,00	240,84	236,64	4,20	R	154,88	4 004,321	0,00	0,000
<b>205</b>	4 850,00	25,00	240,56	236,52	4,04	R	148,31	3 789,956	0,00	0,000
<b>206</b>	4 875,00	25,00	240,28	236,47	3,81	R	138,56	3 585,865	0,00	0,000
<b>207</b>	4 900,00	25,00	240,00	236,35	3,65	R	131,71	3 378,361	0,00	0,000
<b>208</b>	4 925,00	25,00	239,72	236,31	3,41	R	121,80	3 168,843	0,00	0,000
<b>209</b>	4 950,00	25,00	239,44	236,10	3,35	R	119,14	3 011,711	0,00	0,000
<b>210</b>	4 975,00	25,00	239,16	236,29	2,88	R	100,45	2 744,856	0,00	0,000
<b>211</b>	5 000,00	25,00	238,89	236,53	2,35	R	80,27	2 259,010	0,00	0,000
<b>212</b>	<b>5 011,77</b>	11,77	238,75	236,75	2,00	R	67,20	867,796	0,00	0,000
								<b>552 898,072</b>		<b>680 245,673</b>

- ✓ Longueur Totale du Tracé de la variante 01: **5012.67 m**
- ✓ Déblai Total de la variante N°02: **680 245.673 m<sup>3</sup>**
- ✓ Remblai Total de la variante N°02: **552 898.072 m<sup>3</sup>**

❖ **CHOIX DE VARIANTE**

On fait un tableau comparatif des avantages et des inconvénients de chaque variante :

**Tableau III-21 : Tableau comparatif entre les variantes 01 et 02**

Critères de choix	variante 01	variante 02	Evolution	
			V1	V2
Linéaire (m)	5012.67	5011.77	(+)	(+)
Nombre de rayon (U)	4	2	(-)	(+)
Conformité des rayons	conforme	conforme	(+)	(+)
Pente et rampe	$P_{\min} = 0.75 \%$ $P_{\max} = 3.52 \%$	$P_{\min} = -0.54 \%$ $P_{\max} = -3.80 \%$	(+)	(+)
Pourcentage alignement droit (%)	57.29	59.11	(+)	(+)
Pourcentage courbe (%)	42.71	40.89	(+)	(+)
Déblais (m <sup>3</sup> )	736 507.941	680 245.673	(-)	(+)
Remblais (m <sup>3</sup> )	632 994.089	552 898.072	(-)	(+)
			<b>5</b>	<b>8</b>

D'après le tableau on constate que :

**La variante N°02 est la plus avantageuse.**

# Chapitre : IV

---

## LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES

IV-1- DEVERS

IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT

## **CHAPITRE IV**

### **LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES**

#### **IV-1- DEVERS :**

Des études de cas montrent qu'un dévers inversé est un facteur accidentogène explicatif important. La reprise du dévers dans ces cas améliore la sécurité du site et change fortement les trajectoires des véhicules.

Un changement de dévers dans la partie circulaire de la courbe est un facteur d'accident entraînant :

- ✓ Une mauvaise trajectoire des véhicules
- ✓ Une accumulation d'eau sur chaussée dans la courbe

#### **IV-1-1- Devers en alignement :**

En alignement droit le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée.

L'épaisseur du film d'eau est conditionnée par deux types de paramètres :

- ✓ Paramètres indépendants de la route : intensité et durée de la pluie
- ✓ Paramètre liés à la route : nature et état du revêtement de surface

Les valeurs suivantes sont adoptées en Algérie **Devers minimal :  $d_{\min} = 2.5 \%$**

Ce devers ne sera prévu que si la chaussée doit être exécutée dans de bon conditions (couche de base réalisée au finisseur et guidée sur fil). Il sera réservé essentiellement aux routes de catégorie 1 et 2.

#### **IV-1-2- Devers vers l'intérieur des courbes :**

En courbe, le devers permet de :

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

- **Le dévers minimal :** nécessaire à l'écoulement des eaux en courbes est identique à celui préconisé en alignement droit.
- **Le dévers maximal :** admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

**Tableau IV-1 : Dévers en fonction de l'environnement**

Environnement Dévers	Facile	moyen	Difficile
<b>Dévers Minimal</b>			
Cat 1-2	<b>2.5%</b>	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5	3%	3%	3%
<b>Dévers Maximal</b>			
Cat 1-2	<b>7%</b>	7%	7%
Cat 3-4	8%	8%	7%
Cat 5	9%	9%	9%

**IV-1-3- Détermination des dévers aux rayons en plan :**

➤ **Application à notre projet :**

- **1<sup>er</sup> cas :** Le rayon choisi :  $R \geq RHnd$   $\implies$  Le dévers associé « **d** » est celui de l'alignement droit.
- **2<sup>ème</sup> cas :** Le rayon choisi :  $RHd \leq R \leq RHnd$   $\implies$  Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.
- **3<sup>ème</sup> cas :** Si  $RHn \leq R \leq RHd$   $\implies$  le dévers associé « **d** » est calculé par interpolation entre le dévers associé à RHn et celui associé à RHd.

$$\frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd}}$$

- **4ème cas :** Si  $R_{Hm} < R < R_{HN}$   $\longrightarrow$  la route est déversée à l'intérieur du virage et « **d** » est calculé par interpolation linéaire en  $1/R$ .

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

➤ **Application au projet : Calcul des dévers associés aux rayons :**

- **Donc :**  $R_1 = R_2 = 5000 \text{ m}$   $\longrightarrow$   $R \geq R_{Hnd}$   $\longrightarrow$  Le dévers associé « **d** » est celui de l'alignement droit ( $d_{(R_1)} = d_{(R_2)} = 2.5\%$ ).

**IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT :**

Le raccordement direct de deux alignements droits par un arc de cercle ne tient pas compte de la vitesse des véhicules qui l'empruntent.

En effet, dans un virage à rayon de courbure constant, tout véhicule est soumis à une action centrifuge d'intensité inversement proportionnelle au rayon R. Quand on passe de l'alignement droit à l'arc de cercle, la valeur du rayon R passe brutalement d'une valeur infinie (droite) à une valeur finie (cercle), ce qui demande en théorie au conducteur une manœuvre brutale et instantanée d'adaptation de sa trajectoire sur une distance nulle ; sa seule marge de manœuvre est due à la largeur de la chaussée.

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif.

La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle.

➤ **Rôle et nécessité**

- ✓ Stabilité transversale des véhicules.
- ✓ Confort des passages en véhicules.

- ✓ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

#### **IV-2-1- Type de courbe de raccordement :**

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

- a) parabole cubique :** L'emploi de cette courbe est limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemins de fer).
- b) Lemniscate :** Courbe utilisée pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.
- c) Clothoïde :** La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul. la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

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

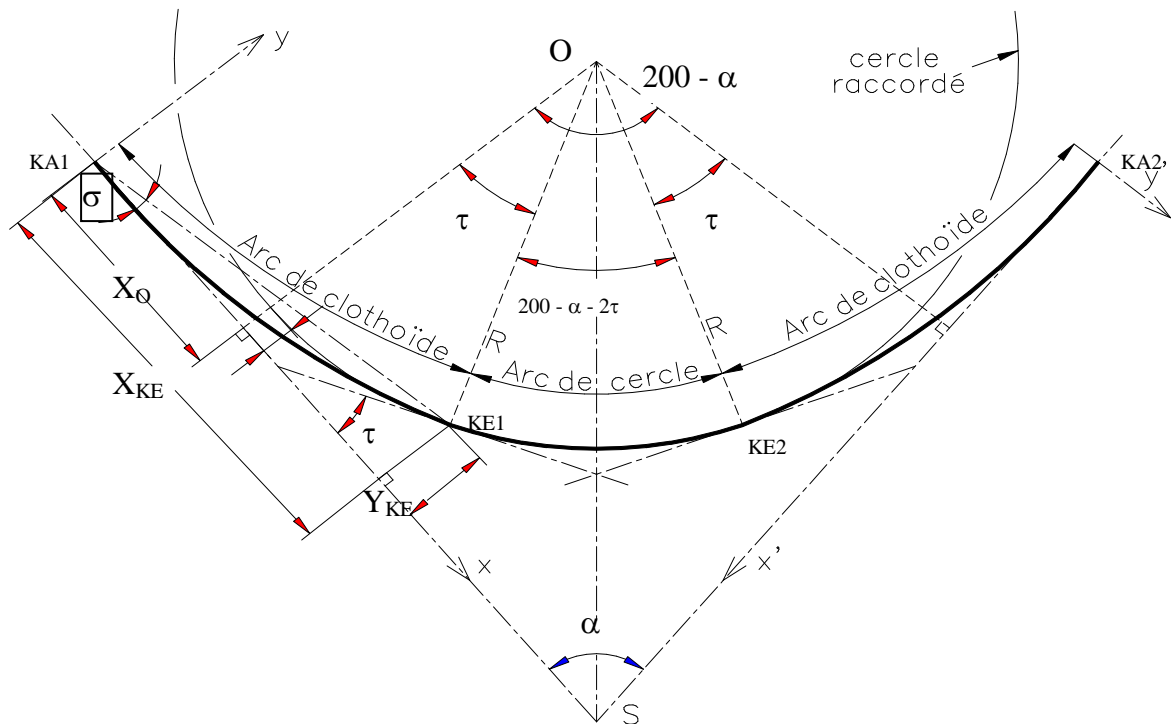
#### **IV-2-2- Raccordement progressif :**

##### **IV-2-2-1- Introduction :**

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif.

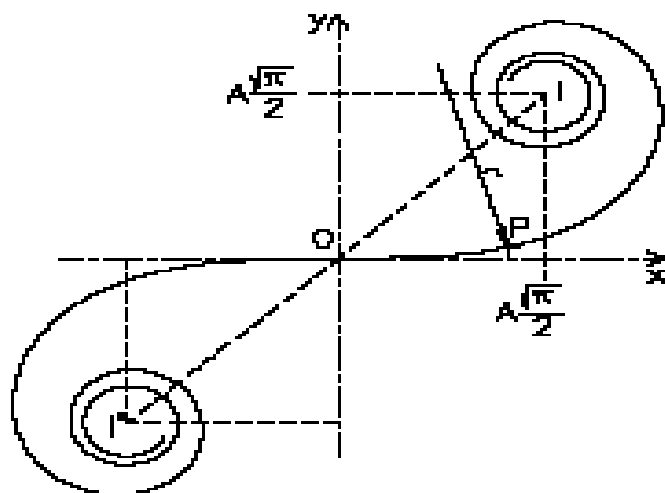
La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle. La courbe la plus utilisée est la clothoïde.

**IV-2-2-1- : Eléments d'une clothoïde :**



**Figure IV-1 : éléments d'un clothoïde.**

**A. la Clothoïde :**



**Figure IV-2 : Clothoïde**

Le rayon de courbure d'une clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie, r, en un point donné P de la courbe. Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r.

L'équation caractéristique est donnée par :  $A^2 = R.L$

Le calcul des caractéristiques de ces raccordements à courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usagers. Ces conditions tendent à limiter la variation de sollicitation transversale des véhicules. Dans la pratique, ceci revient à fixer une limite à la variation d'accélération tolérée par seconde.

## **B. Longueur de raccordements**

La longueur des raccordements progressifs est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes : parmi ces conditions les trois principales sont:

### **B.1- La condition de confort dynamique :**

Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort dynamique », en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules.

$$L_1 \geq \frac{V_r^2}{18} \left( \frac{V_r^2}{127 R} - \Delta d \right)$$

### **B.2- La condition Optique :**

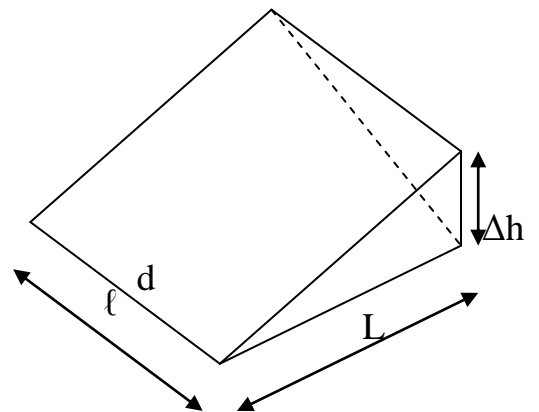
Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

$$L_2 \geq \sqrt{24.R.\Delta R}$$

**B.3- Condition de gauchissement :**

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de pente relative du profil en long

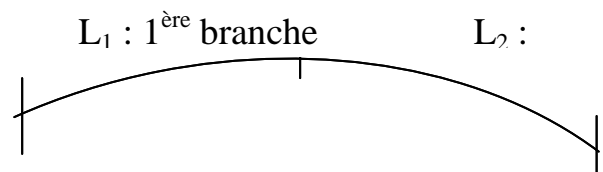
$$L_3 \geq l \cdot \Delta d \cdot Vr$$



➤ **Vérification de non chevauchement :**

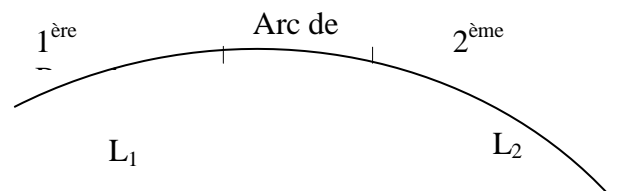
- **1<sup>er</sup> cas :**  $\tau = \frac{\beta}{2}$

➡ **Clothoïde sans arc de cercle.**



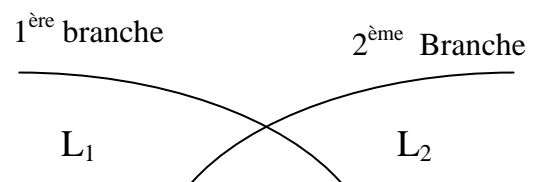
- **2ème cas :**  $\tau < \frac{\beta}{2}$

➡ **Clothoïde avec arc de cercle.**



- **3ème cas :**  $\tau > \frac{\beta}{2}$

➡ **Clothoïde impossible**



➤ **Application au projet :**

- Vitesse de référence :  $V_r=100$  km/h ;  $d_{\max}=7.00\%$  ;  $d_{\min}=-2.50\%$
- Rayon :  $R=5000$  m ;  $\Delta R=2.52$  m ;  $l=7.00$  m ;  $\beta=12.2648$  gr

❖ **Condition de confort dynamique :**

$$L_1 \geq \frac{V_r^2}{18} \left( \frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \quad \longrightarrow \quad L_1 \geq \frac{100^2}{18} \left( \frac{100^2}{127 * 5000} - 0.095 \right)$$

$$\quad \longrightarrow \quad L_1 \geq 44.0 \text{ m}$$

❖ **Condition Optique:**

$$L_2 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \quad \longrightarrow \quad L_2 \geq \sqrt{(24 * 5000 * 2.52)}$$

$$\quad \longrightarrow \quad L_2 \geq 550.0 \text{ m}$$

❖ **Condition gauchissement:**

$$L_3 \geq l * \Delta R * V_r \quad \longrightarrow \quad L_3 \geq 7.0 * 2.52 * 100 \quad \longrightarrow \quad L_3 \geq 66.50 \text{ m}$$

❖ **Longueur de clothoïde :**

$$L \geq \max (L_1 ; L_2 ; L_3) \quad \longrightarrow \quad L \geq 550 \text{ m}$$

On prend **L = 550 m**

❖ **Paramètre de la clothoïde :**

$$A = \sqrt{R * L} \quad \longrightarrow \quad A = \sqrt{5000 * 550} \quad \longrightarrow \quad A = 1\,658.31 \text{ m}$$

$$A/R = 1658.31 / 5000 = \mathbf{0.331} \quad \longrightarrow \quad \text{Condition vérifiée (B40)}$$

❖ **Angle des alignements droits :**

$$\alpha = 200 - \beta = 200 - 12.2648 = \mathbf{187.735 \text{ gr}}$$



➤ **Calcul de paramètres de la clothoïde :**

**Tableau IV-2 : Paramètres de clothoïde**

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2
Rayon	R	5000 m	5000 m
Longueur de la clothoïde	L	550.0 m	550.0 m
Paramètre de la clothoïde	$A = \sqrt{R \cdot L}$	1658.31 m	1658.31 m
angle au sommet	$\alpha$	187.735 gr	186.1703 gr
angle au centre	$\beta = 200 - \alpha$	12.2648 gr	13.8297 gr
angle des tangentes	$\tau = \frac{L}{2R}$	3.50 gr	3.50 gr
angle au centre Partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	5.2648 gr	6.8297 gr
Abscisse de l'extrémité de la cloth.	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40R^2}$	550.0 m	550.0 m
Ordonnée de l'extrémité de la cloth.	$Y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$	10.08 m	10.08 m
angle Polaire	$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$	1.17 gr	1.17 gr
Longueur de la partie circulaire	$L_{cir} = \frac{\pi R \gamma}{200}$	413.50 m	536.40 m
longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$	550.09 m	550.09 m
abscisse du centre	$X_O = X_{KE} - R \sin \tau$	275.25 m	275.25 m
ordonnées du centre	$Y_O = Y_{KE} + R \cos \tau$	5002.53 m	5002.53 m
distance $K_A$ -centre	$K_A - O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2}$	5010.10 m	5010.10 m
Ripage	$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$	2.52 m	2.52 m
Développée totale	$DT = 2L + D_{cercle}$	1513.50 m	1636.40 m
Tangente courte	$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	183.44 m	183.44 m
Tangente longue	$TL = X_{KE} - \frac{Y_{KE}}{\cos \tau}$	539.90 m	539.90 m

➤ **Variation du dévers dans la clothoïde :**

Selon la variation du dévers et la longueur de la clothoïde on peut déterminer le dévers relatif à un point quelconque de la clothoïde

➤ **Méthode de calcul des dévers en clothoïde :**

Cette méthode consiste à déterminer la distance (x) entre le début de la clothoïde et le profil en travers et déterminer son dévers.

❖ **Clothoïde**

$$R = 5000 \text{ m} \quad L = 550 \text{ m} \quad d(R) = 5 \% \quad d_{\min} = 2,50\% \quad \Delta d = 7,50\%$$

▪ **1<sup>ère</sup> branche de clothoïde :**

✓ **Devers du bord extérieur :**

L'équation élémentaire de la droite :  $Y = a \cdot x + b$

$$Y = b = d_{\min} = 2,5\%$$

• **Devers extérieur**

$$d_{\text{ext}} = \left( \frac{\Delta d}{L} \times x \right) - 2,5 = ?$$

$$P - (x = 0) \quad \longrightarrow \quad d_{\text{ext}} = \left( \frac{7,50}{124,90} \times 0 \right) - 2,5 = -2,5\%$$

$$P - (x = 10 \text{ m}) \quad \longrightarrow \quad d_{\text{ext}} = \left( \frac{7,50}{124,90} \times 10 \right) - 2,5 = -1,90\%$$

✓ **Devers du bord intérieur**

$$d_{\text{int}} = \begin{cases} d_{\min} & \text{si : } x < \frac{6L}{\Delta d} \\ d_{\text{ext}} & \text{si : } x > \frac{6L}{\Delta d} \end{cases}$$

$$\frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 550}{5 + 2,5} \quad \longrightarrow \quad \frac{6L}{\Delta d} = 440 \text{ m}$$

Donc à partir de cette distance 440 m  $\longrightarrow$   **$d_{\text{int}} = d_{\text{ext}}$**

# Chapitre : V

---

## PROFIL EN LONG

V -1- INTRODUCTION

V -2- LIGNE PROJET

V -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN  
ET DU PROFIL EN LONG

## **CHAPITRE V**

### **PROFIL EN LONG**

#### **V -1- INTRODUCTION :**

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, il représente la surface de la chaussée avec un plan vertical passant par l'axe de la route. Le trait d'intersection donne le profil en long.

Il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Les profils en long ont été exécutés à l'échelle 1/1000 et 1/100 comme celle du levé topographique

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

#### **V -2- LIGNE PROJET :**

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :

- ✓ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat 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
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage
- ✓ D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux

- ✓ De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais
- ✓ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- ✓ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long ;
- ✓ Opter pour une déclivité minimale de 0.5% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

### **V -2-1- Eléments constituant la ligne rouge :**

Sur le profil en long terrain naturel qui est constitué par des fichiers de commande du logiciel Covadis en utilisant la coordonnée z comme étant la cote projet de la route, on a conçu la ligne rouge de notre dédoublement qui est lui-même constituée de :

#### **A- Les alignements**

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

#### **B- Déclivité :**

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

##### **B.1- Déclivité minimale :**

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.


## **B.2-Déclivité maximale :**

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m.

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd

- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

- Vr = 100 (Km/h)
  - Catégorie 01
  - Environnement E1
- }  déclivité maximale = **5%**

❖ **Remarque** : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- ✓ Effort de traction est considérable.
- ✓ Consommation excessive de carburant.
- ✓ Faibles vitesses.
- ✓ Gène des véhicules.

➤ **Application au projet**

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 100Km/h, donc la déclivité maximale est de **5%**.

## **C- Raccordement en profil en long :**

### **C.1- Raccordements verticaux :**

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau du profil en long.

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre, doit être adouci par l'aménagement de raccordement parabolique où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

**C.2- 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. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

❖ **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe, le véhicule subit une accélération verticale importante, qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

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

**D<sub>1</sub>** : la distance d'arrêt.

**h<sub>0</sub>** : hauteur de l'œil.

**h<sub>1</sub>** : hauteur de l'obstacle.

Pour les chaussées unidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 1.10m de hauteur, la visibilité derrière l'angle saillant de l'obstacle éventuel de 0.15m cat 1-2 ou 0.20 m cat 3-4-5 à la distance d'arrêt  $d_{(vr)}$

$$RVm = a .d^2$$

**a = 0.24** pour les catégories 1 et 2

**a = 0.22** pour les catégories 3, 4 et 5

**d** : la distance d'arrêt correspond à une vitesse de 100 Km/h

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base de 100 km/h est de :

$$RVm_1 = 0.24 * d_1^2 = 6\ 229.54\ m$$

Les rayons minimaux normaux sont obtenus par application de même relations pour la vitesse  $V = Vr + 20$

Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus (d'après le B<sub>40</sub>) sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau V-1 : Rayons convexes (Cat2, V100)**

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Min absolue	RVm	<b>10 000</b>
Min normale	RVn	<b>20 000</b>

### C.3- 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.

Les rayons minimaux des raccordements paraboliques en angle rentrant doivent satisfaire la condition de confort suivant :

Le véhicule abordant un angle rentrant doit avoir une limitation de l'accélération aux sets suivants :

Soit :  $\frac{g}{40}$  pour la CAT 1-2.

➤ **Rayon minimal absolu**

$$\frac{Vr^2}{RVm'} = \frac{g}{40} \quad \longrightarrow \quad RVm' = 0.30 * Vr^2.$$

$$R_{vm} = \frac{d_1^2}{0.035d_1 + 1.5}$$

$$R_{V_{m(v_r)}} = 0.3 * V_r^2 = 0.3 * 100^2 = \mathbf{3000m}$$

➤ **Rayon minimal normal**

Les rayons verticaux minimaux normaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$$R_{Vn'} = R_{V_{m(v_r + 20)}} .$$

$$R_{Vn} = R_{V_{m(v_r + 20)}} = 0.3 * (100 + 20) \longrightarrow \mathbf{R_{Vn} = 4320m}$$

Les valeurs retenues pour les rayons absolus sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau V-2 : Rayons concaves (Cat2, V100)**

RAYON	SYMBOLE	VALEUR (m)
Min absolue	R <sub>Vm</sub>	<b>3 000</b>
Min normale	R <sub>Vn</sub>	<b>4 320</b>
Assurant d	R <sub>Vd</sub>	<b>20 000</b>

**V -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :**

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle manière que la route.

Apparaisse à l'usager sans discontinuité gênante de tracé, lui permette de prévoir son :

Évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, les entrées et les sorties dans les échangeurs.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long sont fondées sur des paramètres conventionnels de technique de la circulation (temps de perception réaction, coefficients de frottement, hauteur d'obstacle, etc...).

Dans les zones où les distances de visibilité ne peuvent pas être assurées (de façon permanente ou temporaire), un marquage et une signalisation appropriée doivent interdire le dépassement de façon claire et perceptible par les usagers.

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin d'assurer de bonnes conditions générales de visibilité et, pour les routes neuves, d'assurer si possible un certain confort visuel en évitant de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu, cela conduit en général à chercher à faire coïncider les courbes du tracé en plan et les courbes du

Profil en long et à prévoir des rayons de profil en long importants relativement à ceux du tracé en plan.

Cependant, pour des raisons de sécurité, le début des courbes (surtout lorsqu'elles ont des rayons inférieurs à 300 m) ne devraient pas coïncider avec un point haut du profil en long (ou se situer à proximité immédiate), ceci étant susceptible de dégrader fortement la perception du virage

Les carrefours ou accès riverains ne doivent pas coïncider avec des courbes du tracé en plan ni avec des zones à visibilité réduite.

➤ **Avantages de la coordination du tracé en plan et du profil en long :**

- ✓ Assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- ✓ Eviter de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu.

➤ **Calcul du raccordement parabolique:**

L'équation de la parabole est:

$$Y = \frac{X^2}{2R}$$

$$\cos\alpha_1 = \frac{T}{AS} \Rightarrow T = AS \cdot \cos\alpha_1$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) = \frac{AS}{R} \Rightarrow AS = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)$$

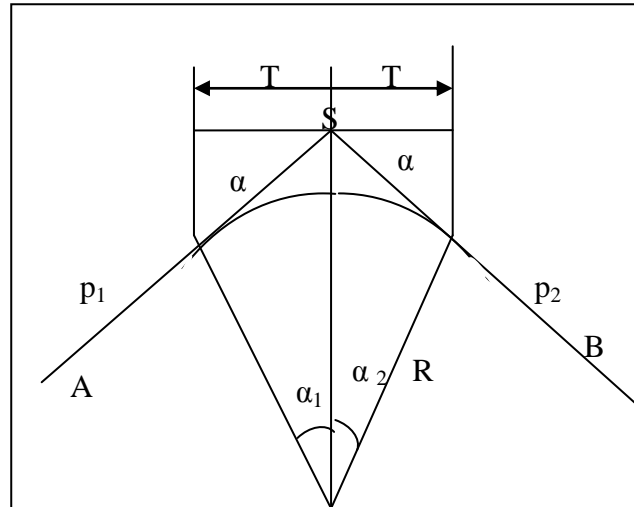
D'où  $\alpha_1, \alpha_2 = 0 = p \cdot \cos\alpha_1$

$$T = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_1 \quad \alpha_1 = p_1, \quad \operatorname{tg}\alpha_2 \quad \alpha_2 = p_2$$

$$T = R \cdot \left(\frac{p_1 + p_2}{2}\right)$$

finalement :  $T = R \cdot \left|\frac{\Delta p}{2}\right|$



Remarque : on a utilisé directement les résultats donnés par le logiciel COVADIS.

# Chapitre : VI

---

## CINÉMATIQUE

### VI-1- LES PARAMETRES CINEMATIQUES

## CHAPITRE VI

### CINEMATIQUE

#### VI-1- LES PARAMETRES CINEMATIQUES :

Ce sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules dans le projet de construction de la route. Ces paramètres sont :

##### VI.1-1- Distance de freinage

Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence, il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

La distance de freinage  $d_0$  est la distance parcourue pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse dans la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)}$$

Avec :

- **V<sub>r</sub>** : vitesse de référence en Km/h.
- **e** : déclivité.
- **f<sub>rl</sub>** : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V<sub>r</sub>.

**Tableau VI-1: Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40**

<b>V<sub>r</sub> (Km/h)</b>		<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>
<b>f<sub>rl</sub></b>	<b>Catégorie 1-2</b>	0,45	0,42	0,39	<b>0,36</b>	0,33	0,30
	<b>Catégorie 3-4-5</b>	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	/

Pour notre projet on a : **f<sub>rl</sub> = 0.36**

➤ **Application : Exemple de calcul**

- ✓ **En alignement droit : e = 0** (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)} \quad \Rightarrow \quad d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{0.36} = \mathbf{111.11 \text{ m}}$$

- ✓ **En rampe : e = + 3.90%**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)} \quad \Rightarrow \quad d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36 + 0.039)} = \mathbf{100.25 \text{ m}}$$

- ✓ **En pente : e = - 3.01%**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)} \quad \Rightarrow \quad d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36 - 0.0301)} = \mathbf{121.25 \text{ m}}$$

**VI.1-2- Temps de réaction**

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé **temps de perception** du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne :

❖ **Dans une attention concentrée :**

- **t = 1.2 s** Pour un obstacle imprévisible.
- **t = 0.6 s** pour un obstacle prévisible.

En moyenne on peut prendre 0.9 s, mais en pratique on prend toujours :

- **t = 2 s** pour des vitesses < 100 Km/h
- **t = 1.8 s** pour des vitesses ≥ 100 Km/h

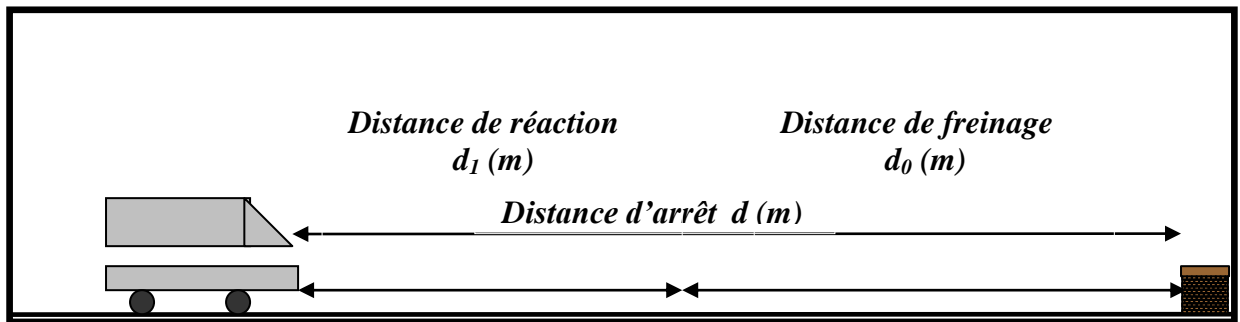
Donc la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est :

$d_1 = v \times t$                       Avec :                      **v** : vitesse en m/s                      **t** : temps en seconde

**VI.1-3- Distance d'arrêt :**

La distance parcourue par le conducteur entre le moment dans lequel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est désigné sous le nom de

**Distance d'arrêt (d) :**  $d = d_1 + d_0$



**Figure VI-1: Distance d'arrêt et de freinage**

✓ **En alignement droit :**

▪ Pour  $V_r < 100$  Km/h et quand  $t = 2$  s :  $d = d_0 + 0.55 \times V_r$

▪ Pour  $V_r \geq 100$  Km/h et quand  $t = 1.8$  s :  $d = d_0 + 0.50 \times V_r$

➤ **Application :**  $V_r = 100$  Km/h  $t = 1.8$  s  $\Rightarrow d = d_0 + 0.50V_r$

**En palier :**  $d = 111,11 + (0,5 \times 100)$   
**=161.11 m**

**En rampe :**  $d = 110,37 + (0,5 \times 100)$   
**=160.37 m**

**En pente :**  $d = 125,00 + (0,5 \times 100)$   
**=175.00 m**

✓ **En courbe**

On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergétique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

▪ Pour  $V_r \leq 100$  Km/h et quand  $t = 2$  s :  $d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$

▪ Pour  $V_r > 100$  Km/h et quand  $t = 1.8$  s :  $d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times V_r$

➤ **Application :**  $V_r = 100 \text{ Km/h}$      $t = 2 \text{ s}$      $\Rightarrow d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$

**En palier :**  $d = 1,25 \times 111,11 + 0,55 \times 100 = 193.88 \text{ m}$

**En rampe :**  $d = 1,25 \times 110,37 + 0,55 \times 100 = 192.96 \text{ m}$

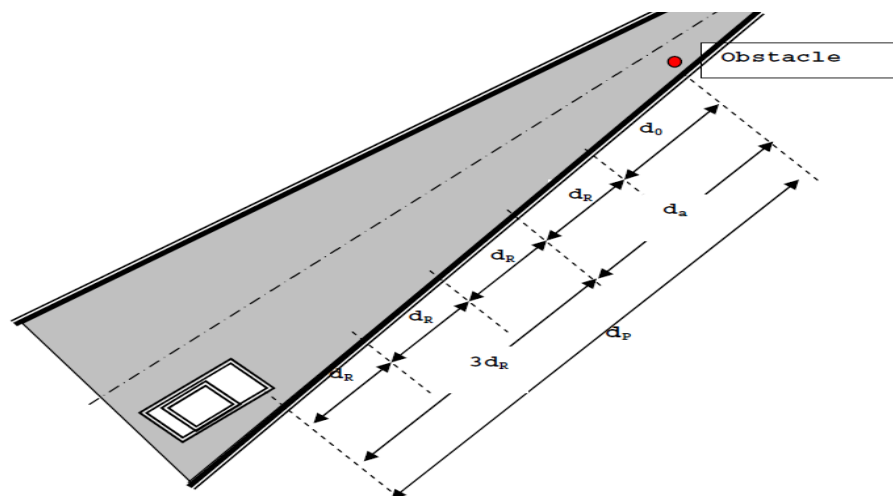
**En pente :**  $d = 1,25 \times 125,00 + 0,55 \times 100 = 211.25 \text{ m}$

#### VI.1-4- Distance de perception :

Le temps nécessaire pour effectuer une manœuvre d'arrêt, une manœuvre de changement de file ou une manœuvre d'insertion est de 6 s.

On appelle distance de perception  $d_p$ , la somme de la distance d'arrêt  $d$  et la distance parcourue en 6s.

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} V_r \quad (V_r \text{ est en Km/h})$$



**Figure VI-2 : Distance de perception**

➤ **Application :**

✓ **En alignement droit :**

**En palier :**  $d_p = 161,11 + \frac{6}{3.6} \times 100$      **$d_p = 327.77 \text{ m}$**

**En rampe :**  $dp = 160,37 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 327.04 \text{ m}$

**En pente :**  $dp = 175,00 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 341.67 \text{ m}$

✓ **En courbe :**

**En palier :**  $dp = 193.88 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 360.54 \text{ m}$

**En rampe :**  $dp = 192,96 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 359.63 \text{ m}$

**En pente :**  $dp = 211,25 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 377.92 \text{ m}$

#### **VI.1-5- Distance de sécurité entre deux véhicules :**

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et nous recherchons l'espacement entre les deux véhicules de telle façon que si le premier véhicule est obligé d'amorcer un freinage au maximum pour éviter un obstacle quelconque, cet espacement doit permettre au second véhicule de s'arrêter sans risque de collision.

La distance de freinage ne change pas et reste  $d_0$ , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de second véhicule augmente d'une durée  $(t + t')$ , avec  $t'$  temps de perception et de réaction de second véhicule aux feux arrières de stop de premier véhicule.

L'espacement sera donc théoriquement :  $d'_2 = d_2 + v \times t' + l$

$d_2$  : distance parcourue pendant temps de perception et de réaction du premier véhicule.

$l$  : longueur moyenne d'un véhicule.

En général, on prend  $t' = 0.75 \text{ s}$

En pratique, on prend  $t = 3 \text{ s}$

Distance de sécurité sera donc :  $d'_2 = d_2 + v \times (t + t') + l$  (t en s et v en m/s)

Soit E l'espace supplémentaire de sécurité :  $E = v \times t' + l$

Sachons que  $V = \frac{v \text{ (km/h)}}{3.6}$  et  $t' = 0.75 \text{ s}$   $\Rightarrow$   $E_s = \frac{V}{5} + l$

Avec :

**V** : la vitesse en km/h

**L** : la longueur de véhicule on prend généralement 5m

Pour plus de sécurité on est souvent amené à augmenter la distance « Es », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules  $T_s$  égale à 1,2 secondes.

$$E_s = 1,2.v \text{ ou } E_s = \frac{V}{3}$$

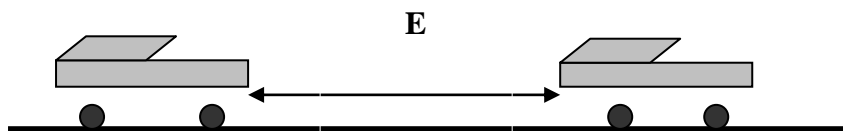
Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de  $V = 100 \text{ Km/h}$  .La distance de sécurité sera

- **1er Cas :**

$$E_s = \frac{V}{5} + l = \frac{100}{5} + 5 = 25 \text{ m}$$

- **2ème Cas :**

$$E_s = \frac{V}{3} = \frac{100}{3} = 33.33 \text{ m}$$



**Figure VI-3 : Espacement entre deux véhicules**

**VI.1-6- Manœuvre de dépassement :**

- **dvdm** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne.
- **dvdn** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale.
- **dmd** : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement.

**Tableau VI-2 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse**

<b>Vr(Km/h)</b>	40	60	80	<b>100</b>	120	140
<b>Distance</b>						
<b>dvdm</b>	4v	4v	4v	<b>4.2v</b>	4.6v	5v
	160	240	320	<b>420</b>	550	700
<b>dvdn</b>	6v	6v	6v	<b>6.2v</b>	6.6v	7v
	240	360	480	<b>620</b>	790	980
<b>dmd</b>	70	120	200	<b>300</b>	425	/

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de **dvdm**, **dvdn** et **dmd** en fonction de la vitesse.

➤ **Application :**

Vr = 100 Km/h

**dvdm** = 420 m

**dvdn** = 620 m

**dmd** = 300 m

➤ **Tableau récapitulatif des paramètres fondamentaux :**

**Tableau VI-3 : Paramètres fondamentaux**

Paramètres	Symbole	Valeur
Devers minimal (%)	$d_{\min}$	2,50
Devers maximal (%)	$d_{\max}$	7,00
Temps de perception réaction (s)	$t_1$	2.00
Frottement longitudinal	$f_L$	0,36
Frottement transversal	$f_t$	0,11
Distance de freinage en alignement droit (m)	$d_0$	111,11
Distance d'arrêt (m)	$d_1$	109,00
Distance de freinage en courbe (m)	$d'_1$	194,00
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	$dvdm$	420,00
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	$dvdn$	620,00
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	$dmd$	300,00
RHm (m) (dévers associe %)	RHm	450,00 (7%)
RHn (m) (dévers associe %)	RHn	650,00 (5%)
RHd (m) (dévers associe %)	RHd	1600,00 (2, 5%)
RHnd (m) (dévers associe %)	RHnd	2200,00 (-2, 5%)

# Chapitre : VII

---

## PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

VII -1- INTRODUCTION

VII .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE

VII -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL  
EN TRAVERS TYPE

VII-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VII -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES

VII-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

VII-7- CUBATURES

## **CHAPITRE VII**

### **PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES**

#### **VII -1- INTRODUCTION :**

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

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

#### **VII .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE :**

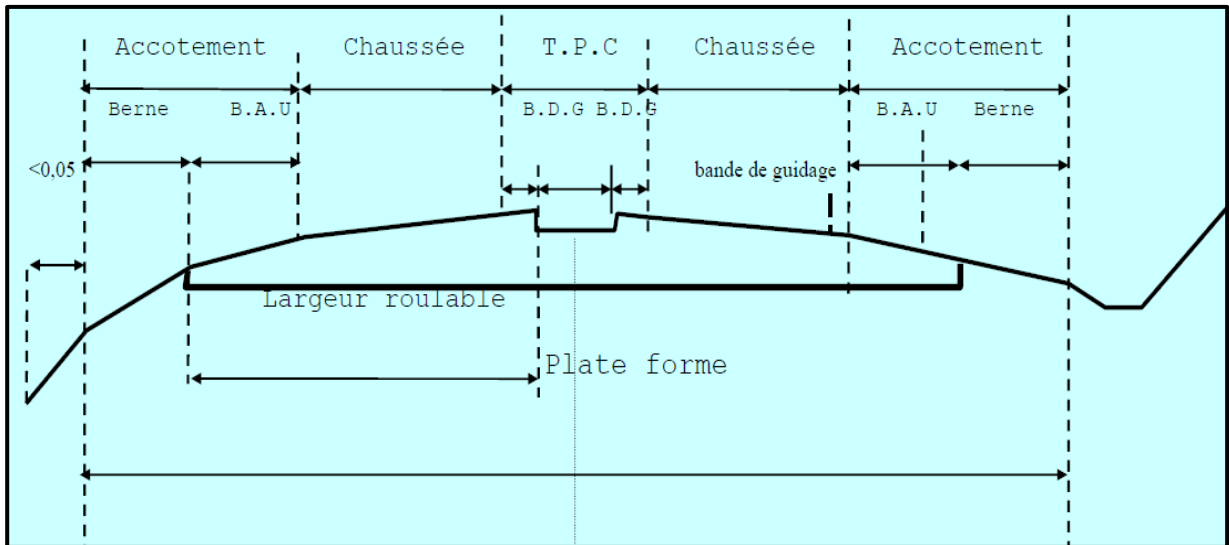
C'est une pièce dessinée de base des projets de route nouvelle, il représente une section transversale dans le corps de la chaussée. Étant composé en trois couches (couche de roulement, couche de base, couche de fondation).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet lue sur le profil en long, permet l'avant métré des terrassements.

On a pris 6 profils en travers avec l'épaisseur du corps de chaussée

- ✓ Un profil en alignement droit en déblai.
- ✓ Un profil en alignement droit en remblai.
- ✓ Un profil en alignement droit mixte.
- ✓ Un profil déversé en remblai.
- ✓ Un profil déversé en déblai.
- ✓ Un profil mixte déversé.

**VII -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE :**



**Figure VII-1: Les éléments d'une route**

➤ **La largeur roulable :**

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

Sur largeur structurale de chaussée supportant le marquage de rive.

➤ **La plate-forme :**

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

➤ **Assiette :**

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

➤ **L'emprise :**

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

➤ **Les accotements :**

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- ✓ Une bande de guidage.
- ✓ Une bande d'arrêt.
- ✓ Une berme extérieure.

➤ **Le fossé :**

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

❖ **Profil en travers type de notre projet :**

Notre tronçon comportera un profil en travers type, qui contient les éléments suivants :

- ✓ Deux chaussées de deux voies de 3,50 m chacune :  **$2*(2 \times 3,5) = 14,00 \text{ m}$**
- ✓ Une bande d'arrêt d'urgence de 2.50 m de part et d'autre:  **$(2 \times 2,50) = 5.00 \text{ m}$**
- ✓ Une berme de 1.00 m de part et d'autre:  **$(2 \times 1.00) = 2.00 \text{ m}$**
- ✓ Une DBA de largeur **0.60m** à l'axe de la route.
- ✓ Deux bandes dérasées (BDD et BDG) de 1.00m de largeur pour chacune : **= 2.00 m.**
- ✓ Fossé trapézoïdal de dimensions : **0,50m x 0,50m x 0,50m**

**VII-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :**

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc.....

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

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

- ✓ Le trafic
- ✓ L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- ✓ Le sol support

### **VII -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :**

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

#### ➤ **De la charge des véhicules :**

La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de 65 KN (6.5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).

Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène de surcharge.

➤ **Des intempéries :**

Les variations des de température peuvent engendre dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendre aussi : les effets du gel, les efforts de l'ensoleillement sur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.

➤ **Des efforts tangentiels**

Lorsqu'un véhicule est en mouvement apparaissent des efforts horizontaux du fait :

- De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
- De la mise en rotation des roues non motrice.
- De la résistance aux efforts transversaux.

Toutes ces actions tangentiels s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

**VII -5-1-La chaussée :**

**VII .5.1-1-Définition :**

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

✓ **Couche de surface**

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

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

✓ **Couche de base :**

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

✓ **Couche de fondation :**

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

✓ **Couche de forme**

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

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

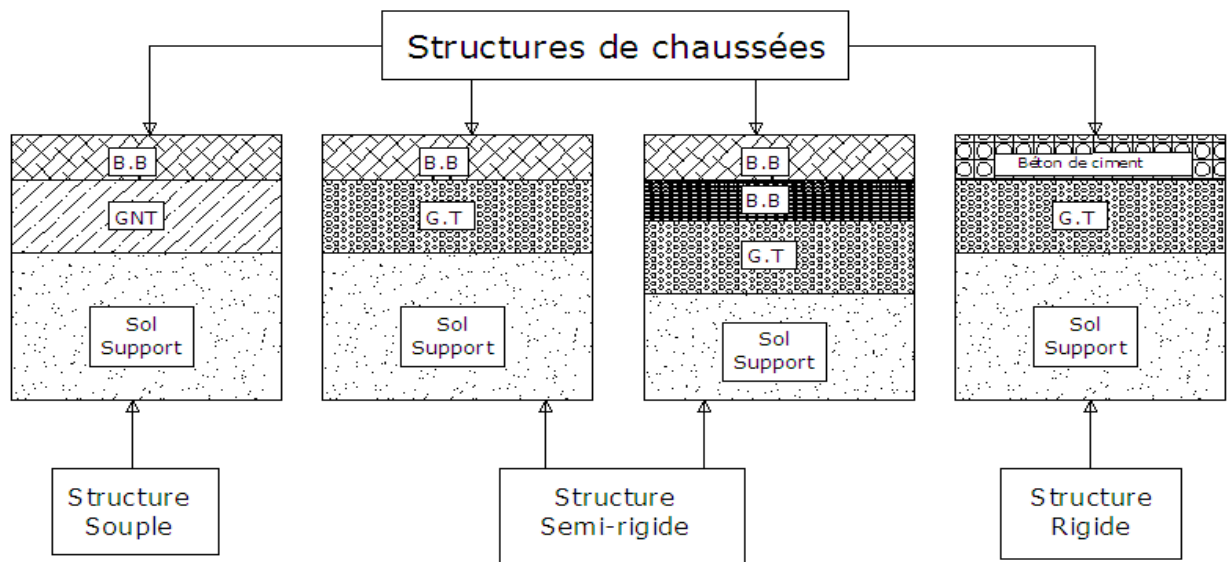
Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

**VII .5.1-2- Les différentes catégories de chaussée :**

Il existe deux catégories de chaussées:

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

Structures de chaussée.



**Figure VII-2 : les différentes catégories de chaussée**

**BB** : béton bitumineux ; **GB** : grave bitume.  
**GT** : grave traité ; **G.N.T** : grave non trait.

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

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

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

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

#### **VII-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :**

On distingue deux familles des méthodes :

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

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

**VII-6-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):**

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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

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

Avec:

**e:** épaisseur équivalente.

**I:** indice CBR (sol support).

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

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

**Log:** logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

**a<sub>1</sub> × e<sub>1</sub> :** couche de roulement.

**a<sub>2</sub> × e<sub>2</sub> :** couche de base.

**a<sub>3</sub> × e<sub>3</sub> :** couche de fondation.

Où:

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> : coefficients d'équivalence.

e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub> : épaisseurs réelles des couches.

➤ **Coefficient d'équivalence**

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

**Tableau VII-1 : Coefficient d'équivalence des matériaux**

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

**VII-6-2- Méthode A.A.S.H.O :( American Association of State Highway Officials):**

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

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

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

**VII-6-3- Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :**

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

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

**VII-6-4- Méthode du catalogue des structures :**

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA ».

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

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

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

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

- Trafic cumulé de poids lourds à la 15<sup>ème</sup> année Tj.
- Les caractéristiques de sol (Sj).

#### **VII .6.4.1-Détermination de la classe de trafic**

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

**Tableau VII-2 : Classe de trafic.**

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

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_C = TPL \left[ 1 + \frac{(1+\tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365$$

- T<sub>PL</sub> : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- n : durée de vie (n = 20 ans)

**VII .6.4.2- Détermination de la classe du sol :**

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

**Tableau VII-3: Classe de sol.**

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

**VII-6-5- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :**

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

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

**T<sub>éq</sub>** : trafic équivalent par essieu de 13t.

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

**a**: coefficient qui dépend du nombre de voies.

**Z** : taux d'accroissement annuel.

**N** : durée de vie de la route.

**P** : pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e<sub>eq</sub>** (en fonction de T<sub>éq</sub>, I<sub>CBR</sub>) à partir de l'abaque L.C.P.C.

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

**VII-6-6- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**

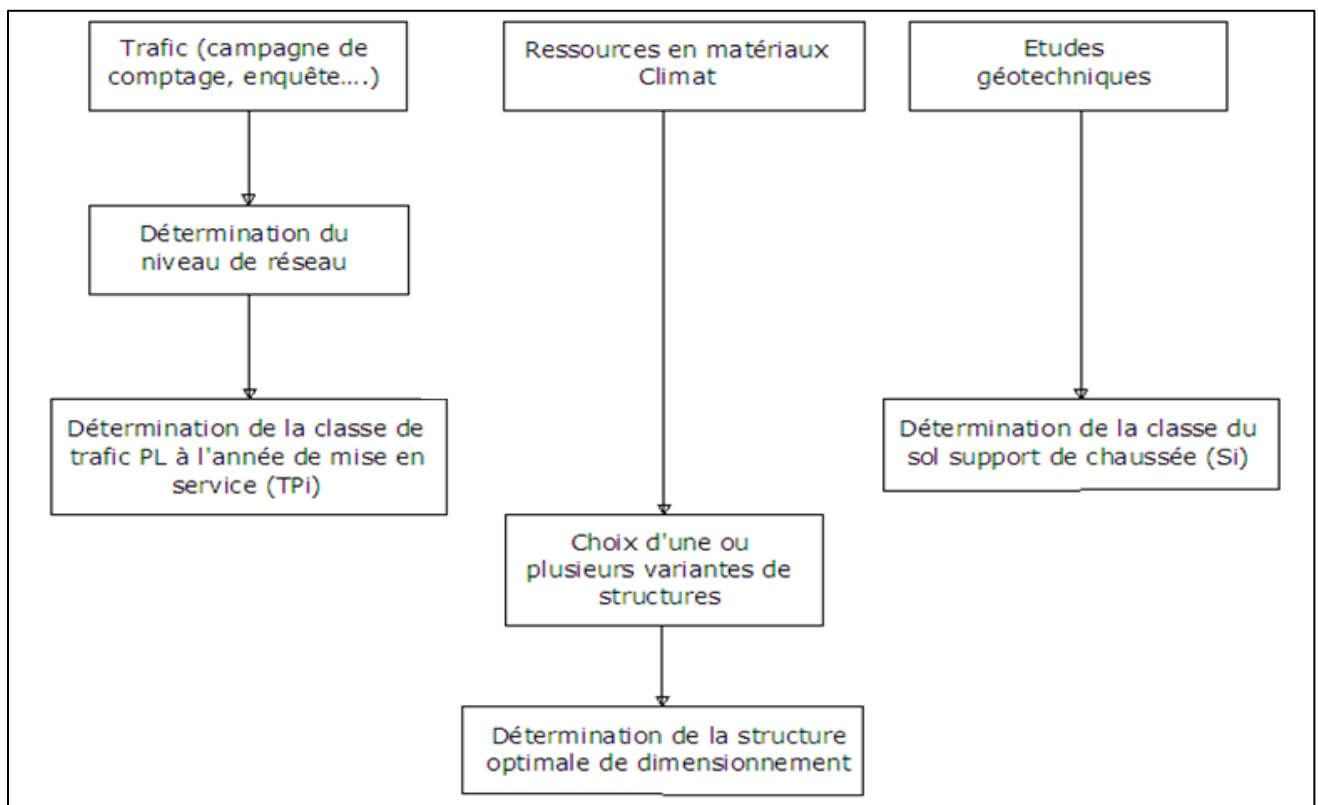
L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

**VII-6-6-1- La démarche du catalogue :**



**Figure VII-3 : démarche du catalogue**

➤ **Application au projet :**

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé : la méthode CBR.

$TJMA_{2015} = 10000 \text{ v/j}$  avec un poids lourd de 35%

$$T_0 = (TJMA_{2015} \times \% \text{ pl}) \quad \longrightarrow \quad T_0 = (10000 \times 0,35) = \mathbf{3500 \text{ pl/j/sens.}}$$

$$T_1 = (1+\tau)^2 \times T_0 \quad \longrightarrow \quad T_1 = (1+0.04)^2 \times 3500 = \mathbf{3787 \text{ pl/j/sens}}$$

$$T_n = (1+\tau)^n \times T_1 \quad \longrightarrow \quad T_n = (1+0.04)^{20} \times 3787 = \mathbf{8298 \text{ pl/j/sens}}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p}) \times (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5} \quad \longrightarrow \quad E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log \frac{8298}{10})}{9 + 5}$$

$$\longrightarrow \quad E_{eq} = 47.34 \text{ cm}$$

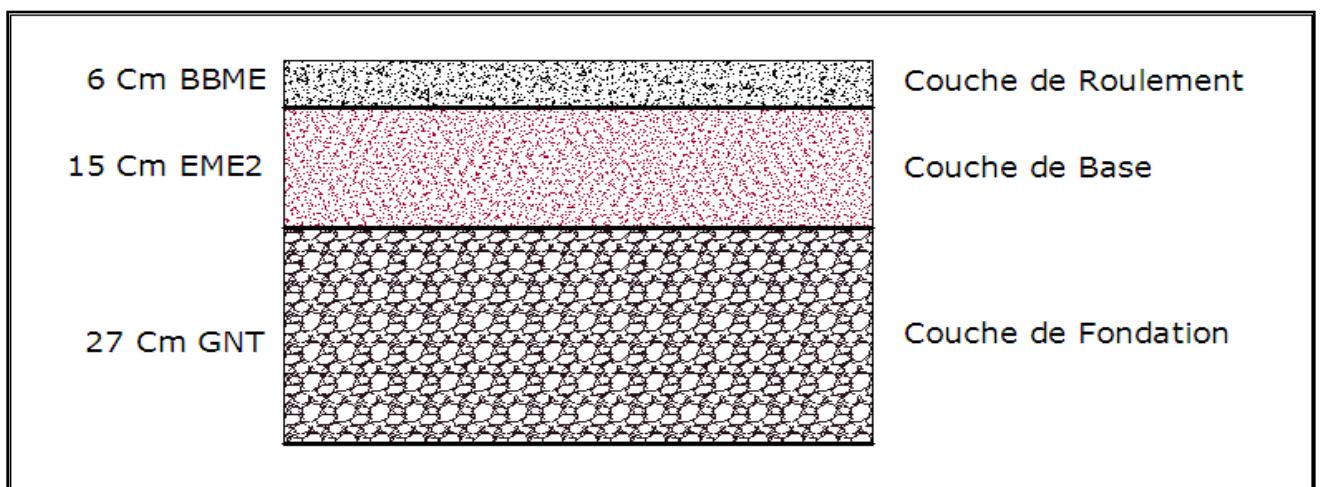
$$\longrightarrow \quad \mathbf{E_{eq} = 48 \text{ cm}}$$

On a :  $E_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

**Tableau VII-4 : Epaisseur du corps de chaussée**

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (a <sub>i</sub> )	Épaisseur équivalente (cm)
BBME	6,00	2,00	12,00
EME	15,00	1,20	18.00
Grave (GNT)	27,00	0,75	20.25
<b>TOTAL</b>	<b>48.00</b>		<b>50.25</b>

Notre structure comporte : **6BBME + 15 EME +27 Grave**



**Figure VII-4 : Corps de chaussée**

**BBME** : Béton bitumineux à module élevé.

**EME2** : Enrobé à module élevé classe 2.

**GNT** : Grave non traité.

### **VII-7- CUBATURE :**

#### **VII-7-1- Définition:**

Les cubatures de terrassement est la détermination des volumes de remblais et déblais nécessaire à la réalisation du projet, cela nécessite la connaissance :

- ✓ Des profils en long.
- ✓ Des profils en travers.
- ✓ Des distances entre ces profils.

#### **VII-7-2- Méthode de calcul:**

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

- **Description de la méthode** : Le principe de la méthode de la moyenne des aires et de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivant :

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

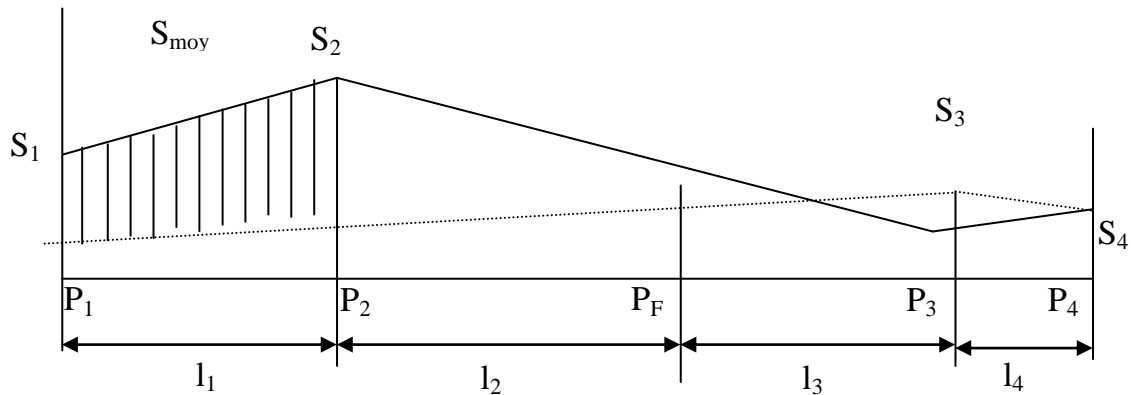
**H** : hauteur entre deux profils.

**S<sub>0</sub>** : surface limitée à mi- distances des profiles.

**S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>** : surface des deux profils.

**Application**

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



**Figure VII-5 : Surfaces de cubature**

Le volume compris entre les deux profils en travers P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> de section S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> sera

égale à :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} \cdot (S_1 + S_2 + 4 S_{moy})$$

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

D'ou :

$$V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

- Entre P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>       $\Rightarrow V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$
- Entre P<sub>2</sub> et P<sub>F</sub>       $\Rightarrow V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2}$
- Entre P<sub>F</sub> et P<sub>3</sub>       $\Rightarrow V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$

Le volume total V:

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

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel COVADIS.

**Remarque :** Les résultats du calcul sont illustrés dans le tableau suivant :

➤ **Calcul de cubature :**

▪ **Décapage de la terre végétale :**

**Tableau VII-5 : Calcul de volume de décapage de terre végétale.**

N° Profil	Abscisse (m)	Longueur d'appl (m)	Emprise (m)			Décapage du TN			
			Gauche	Droite	Totale	Epaisseur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul Vol. (m <sup>3</sup> )
P1	0,00	12,50	19,34	18,52	37,86	0,20	473,27	94,653	94,653
P2	25,00	25,00	19,00	18,27	37,27	0,20	931,70	186,341	280,994
P3	50,00	25,00	18,60	17,81	36,40	0,20	910,11	182,023	463,017
P4	75,00	25,00	18,28	17,46	35,75	0,20	893,64	178,728	641,745
P5	100,00	25,00	18,07	17,97	36,04	0,20	901,08	180,215	821,960
P6	125,00	25,00	17,85	17,84	35,69	0,20	892,17	178,433	1 000,393
P7	150,00	25,00	17,66	17,65	35,31	0,20	882,66	176,531	1 176,925
P8	175,00	25,00	17,49	17,37	34,86	0,20	871,51	174,301	1 351,226
P9	200,00	25,00	17,29	17,20	34,49	0,20	862,31	172,461	1 523,688
P10	225,00	25,00	17,10	16,99	34,08	0,20	852,12	170,425	1 694,112
P11	250,00	25,00	16,85	16,79	33,64	0,20	841,06	168,212	1 862,324
P12	275,00	25,00	16,77	16,58	33,35	0,20	833,87	166,774	2 029,098
P13	300,00	25,00	16,62	16,35	32,98	0,20	824,39	164,877	2 193,975
P14	325,00	25,00	16,45	16,42	32,87	0,20	821,82	164,365	2 358,340
P15	350,00	25,00	15,67	16,34	32,01	0,20	800,33	160,067	2 518,407
P16	375,00	25,00	16,09	15,98	32,07	0,20	801,80	160,360	2 678,767
P17	400,00	25,00	15,67	15,31	30,98	0,20	774,40	154,880	2 833,647
P18	425,00	25,00	15,30	15,02	30,32	0,20	758,04	151,608	2 985,255
P19	450,00	25,00	15,26	15,00	30,26	0,20	756,38	151,276	3 136,531
P20	475,00	25,00	15,50	14,95	30,45	0,20	761,28	152,256	3 288,786
P21	500,00	25,00	15,18	15,02	30,21	0,20	755,14	151,029	3 439,815
P22	525,00	25,00	15,36	15,22	30,58	0,20	764,42	152,883	3 592,699
P23	550,00	25,00	15,56	15,26	30,83	0,20	770,64	154,128	3 746,826
P24	575,00	25,00	15,41	14,97	30,38	0,20	759,61	151,923	3 898,749
P25	600,00	25,00	15,18	14,49	29,67	0,20	741,74	148,348	4 047,098
P26	625,00	25,00	14,82	14,42	29,24	0,20	731,01	146,202	4 193,300
P27	650,00	25,00	15,63	15,30	30,93	0,20	773,24	154,648	4 347,948
P28	675,00	25,00	16,04	15,27	31,31	0,20	782,71	156,542	4 504,490
P29	700,00	25,00	15,61	15,06	30,68	0,20	766,91	153,381	4 657,871
P30	725,00	25,00	15,66	15,03	30,69	0,20	767,30	153,461	4 811,332
P31	750,00	25,00	15,76	15,38	31,14	0,20	778,48	155,696	4 967,028
P32	775,00	25,00	16,00	15,62	31,62	0,20	790,55	158,110	5 125,138

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P33	800,00	25,00	16,42	16,06	32,47	0,20	811,81	162,363	5 287,501
P34	825,00	12,87	17,21	16,21	33,42	0,20	430,15	86,029	5 373,530
P34.1	825,74	12,50	17,22	16,22	33,44	0,20	417,95	83,590	5 457,120
P35	850,00	24,63	17,16	16,51	33,67	0,20	829,22	165,843	5 622,963
P36	875,00	25,00	17,61	16,65	34,26	0,20	856,60	171,319	5 794,283
P37	900,00	25,00	18,23	16,84	35,07	0,20	876,76	175,351	5 969,634
P38	925,00	20,61	18,38	17,53	35,91	0,20	740,12	148,024	6 117,658
P39	941,22	12,50	18,54	17,76	36,31	0,20	453,85	90,771	6 208,429
P40	950,00	16,89	18,59	17,82	36,41	0,20	614,90	122,979	6 331,408
P41	975,00	25,00	18,83	17,88	36,71	0,20	917,85	183,570	6 514,978
P42	1 000,00	25,00	19,06	17,95	37,01	0,20	925,32	185,065	6 700,043
P43	1 025,00	25,00	19,21	17,82	37,02	0,20	925,55	185,110	6 885,152
P44	1 050,00	25,00	18,71	17,42	36,13	0,20	903,23	180,646	7 065,798
P45	1 075,00	25,00	18,74	17,31	36,05	0,20	901,33	180,267	7 246,065
P46	1 100,00	25,00	19,60	17,89	37,49	0,20	937,25	187,450	7 433,515
P47	1 125,00	25,00	19,69	17,84	37,54	0,20	938,40	187,679	7 621,194
P48	1 150,00	25,00	19,42	17,00	36,43	0,20	910,64	182,127	7 803,321
P49	1 175,00	25,00	19,30	16,53	35,83	0,20	895,81	179,163	7 982,484
P50	1 200,00	25,00	19,17	16,07	35,23	0,20	880,87	176,174	8 158,658
P51	1 225,00	25,00	19,07	15,54	34,61	0,20	865,34	173,068	8 331,726
P52	1 250,00	25,00	19,06	15,01	34,07	0,20	851,76	170,352	8 502,078
P53	1 275,00	25,00	17,51	15,27	32,77	0,20	819,37	163,873	8 665,951
P54	1 300,00	25,00	18,58	14,81	33,39	0,20	834,74	166,948	8 832,900
P55	1 325,00	25,00	17,98	14,51	32,48	0,20	812,11	162,422	8 995,322
P56	1 350,00	25,00	17,54	14,38	31,91	0,20	797,84	159,568	9 154,890
P57	1 375,00	25,00	18,16	14,43	32,59	0,20	814,74	162,947	9 317,838
P58	1 400,00	25,00	18,93	15,54	34,46	0,20	861,58	172,315	9 490,153
P59	1 425,00	25,00	19,80	16,45	36,26	0,20	906,39	181,279	9 671,431
P60	1 450,00	25,00	21,38	17,14	38,52	0,20	963,02	192,603	9 864,035
P61	1 475,00	25,00	21,46	18,07	39,53	0,20	988,29	197,659	10 061,694
P62	1 500,00	25,00	22,09	18,76	40,86	0,20	1 021,38	204,275	10 265,969
P63	1 525,00	25,00	22,46	19,45	41,92	0,20	1 047,91	209,583	10 475,552
P64	1 550,00	25,00	23,33	20,05	43,39	0,20	1 084,70	216,941	10 692,492
P65	1 575,00	25,00	23,16	20,35	43,51	0,20	1 087,81	217,562	10 910,054
P66	1 600,00	25,00	23,24	20,35	43,59	0,20	1 089,68	217,936	11 127,990
P67	1 625,00	25,00	23,46	20,22	43,68	0,20	1 091,90	218,380	11 346,370
P68	1 650,00	25,00	24,11	20,01	44,12	0,20	1 102,91	220,583	11 566,953
P69	1 675,00	25,00	24,75	19,93	44,68	0,20	1 116,98	223,397	11 790,350
P70	1 700,00	25,00	25,23	20,07	45,30	0,20	1 132,47	226,494	12 016,844
P71	1 725,00	25,00	25,07	20,00	45,07	0,20	1 126,72	225,345	12 242,189

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P72	1 750,00	25,00	25,04	19,49	44,53	0,20	1 113,29	222,658	12 464,847
P73	1 775,00	25,00	24,97	19,37	44,33	0,20	1 108,37	221,673	12 686,520
P74	1 800,00	25,00	24,64	19,87	44,50	0,20	1 112,51	222,503	12 909,023
P75	1 825,00	25,00	24,79	19,53	44,31	0,20	1 107,83	221,566	13 130,589
P76	1 850,00	25,00	24,92	19,33	44,25	0,20	1 106,14	221,228	13 351,817
P77	1 875,00	25,00	25,55	19,24	44,79	0,20	1 119,73	223,945	13 575,762
P78	1 900,00	15,64	26,80	19,61	46,41	0,20	725,91	145,183	13 720,945
P79	1 906,28	12,50	26,71	19,79	46,51	0,20	581,36	116,272	13 837,217
P80	1 925,00	19,75	25,84	19,74	45,58	0,20	900,30	180,059	14 017,276
P80.1	1 945,79	12,50	25,37	20,20	45,57	0,20	569,60	113,920	14 131,197
P81	1 950,00	14,61	25,39	20,20	45,59	0,20	665,97	133,194	14 264,390
P82	1 975,00	17,76	25,42	20,19	45,61	0,20	810,20	162,039	14 426,429
P82.1	1 985,53	12,50	25,24	20,17	45,41	0,20	567,63	113,526	14 539,955
P83	2 000,00	19,74	24,92	19,84	44,77	0,20	883,52	176,703	14 716,658
P84	2 025,00	25,00	24,07	19,51	43,58	0,20	1 089,50	217,899	14 934,557
P85	2 050,00	25,00	23,54	18,78	42,32	0,20	1 058,03	211,606	15 146,164
P86	2 075,00	25,00	23,22	18,50	41,72	0,20	1 043,12	208,625	15 354,789
P87	2 100,00	25,00	22,28	17,98	40,26	0,20	1 006,50	201,300	15 556,089
P88	2 125,00	25,00	21,19	16,56	37,75	0,20	943,63	188,727	15 744,816
P89	2 150,00	25,00	19,34	14,73	34,07	0,20	851,69	170,339	15 915,155
P90	2 175,00	25,00	17,91	12,75	30,66	0,20	766,54	153,308	16 068,463
P91	2 200,00	25,00	17,88	14,46	32,34	0,20	808,54	161,708	16 230,171
P92	2 225,00	25,00	16,44	14,66	31,10	0,20	777,48	155,496	16 385,667
P93	2 250,00	25,00	15,35	15,15	30,50	0,20	762,46	152,492	16 538,159
P94	2 275,00	25,00	13,07	16,70	29,78	0,20	744,44	148,887	16 687,047
P95	2 300,00	25,00	14,92	17,52	32,44	0,20	811,03	162,207	16 849,253
P96	2 325,00	25,00	16,71	20,45	37,15	0,20	928,85	185,771	17 035,024
P97	2 350,00	25,00	17,73	22,53	40,26	0,20	1 006,62	201,325	17 236,349
P98	2 375,00	25,00	18,29	24,23	42,52	0,20	1 062,89	212,578	17 448,927
P99	2 400,00	25,00	18,73	24,51	43,24	0,20	1 080,97	216,195	17 665,122
P100	2 425,00	25,00	18,71	24,28	42,99	0,20	1 074,82	214,965	17 880,086
P101	2 450,00	25,00	18,30	24,35	42,65	0,20	1 066,36	213,272	18 093,358
P102	2 475,00	25,00	18,14	24,57	42,71	0,20	1 067,75	213,550	18 306,908
P103	2 500,00	25,00	18,59	24,07	42,66	0,20	1 066,43	213,287	18 520,194
P104	2 525,00	25,00	21,02	25,19	46,21	0,20	1 155,32	231,065	18 751,259
P105	2 550,00	25,00	24,02	26,30	50,32	0,20	1 257,98	251,596	19 002,855
P106	2 575,00	25,00	26,13	26,84	52,97	0,20	1 324,27	264,855	19 267,709
P107	2 600,00	25,00	27,60	28,35	55,95	0,20	1 398,73	279,745	19 547,454
P108	2 625,00	25,00	28,07	29,50	57,58	0,20	1 439,40	287,880	19 835,335
P109	2 650,00	25,00	28,47	30,18	58,65	0,20	1 466,28	293,255	20 128,590

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P110	2 675,00	25,00	28,77	30,62	59,39	0,20	1 484,85	296,970	20 425,560
P111	2 700,00	25,00	28,98	31,19	60,17	0,20	1 504,20	300,839	20 726,399
P112	2 725,00	25,00	28,73	31,59	60,32	0,20	1 507,89	301,577	21 027,977
P113	2 750,00	25,00	28,64	31,99	60,63	0,20	1 515,74	303,149	21 331,125
P114	2 775,00	25,00	28,92	32,22	61,14	0,20	1 528,51	305,701	21 636,826
P115	2 800,00	25,00	28,75	31,71	60,47	0,20	1 511,72	302,344	21 939,171
P116	2 825,00	25,00	26,57	31,01	57,58	0,20	1 439,58	287,916	22 227,087
P117	2 850,00	25,00	26,38	30,33	56,71	0,20	1 417,87	283,574	22 510,660
P118	2 875,00	25,00	27,56	29,68	57,24	0,20	1 430,94	286,188	22 796,848
P119	2 900,00	25,00	27,14	27,99	55,13	0,20	1 378,31	275,662	23 072,510
P120	2 925,00	25,00	26,58	24,61	51,19	0,20	1 279,81	255,961	23 328,471
P121	2 950,00	25,00	25,66	21,23	46,88	0,20	1 172,03	234,406	23 562,877
P122	2 975,00	20,51	26,94	17,84	44,78	0,20	918,33	183,667	23 746,544
P123	2 991,01	12,50	27,60	15,67	43,28	0,20	540,94	108,188	23 854,731
P124	3 000,00	16,99	27,69	14,46	42,16	0,20	716,39	143,278	23 998,010
P125	3 025,00	25,00	27,42	20,34	47,76	0,20	1 193,99	238,798	24 236,807
P126	3 050,00	25,00	26,77	28,97	55,74	0,20	1 393,53	278,706	24 515,513
P127	3 075,00	25,00	26,06	29,28	55,34	0,20	1 383,60	276,719	24 792,233
P128	3 100,00	25,00	25,22	29,62	54,84	0,20	1 371,02	274,204	25 066,437
P129	3 125,00	25,00	24,25	28,70	52,95	0,20	1 323,79	264,758	25 331,195
P130	3 150,00	25,00	23,76	27,59	51,35	0,20	1 283,81	256,761	25 587,956
P131	3 175,00	25,00	23,84	26,34	50,18	0,20	1 254,48	250,896	25 838,852
P132	3 200,00	25,00	23,94	25,62	49,56	0,20	1 238,89	247,778	26 086,630
P133	3 225,00	25,00	23,65	25,74	49,39	0,20	1 234,84	246,968	26 333,598
P134	3 250,00	25,00	23,57	25,82	49,39	0,20	1 234,86	246,972	26 580,570
P135	3 275,00	25,00	23,51	26,04	49,55	0,20	1 238,78	247,756	26 828,325
P136	3 300,00	25,00	23,26	24,96	48,22	0,20	1 205,43	241,085	27 069,411
P137	3 325,00	25,00	22,96	23,84	46,80	0,20	1 170,03	234,006	27 303,417
P138	3 350,00	25,00	22,83	23,85	46,69	0,20	1 167,16	233,433	27 536,850
P139	3 375,00	25,00	22,66	23,95	46,60	0,20	1 165,04	233,008	27 769,858
P140	3 400,00	25,00	21,75	23,79	45,54	0,20	1 138,50	227,699	27 997,558
P141	3 425,00	18,72	21,37	23,45	44,82	0,20	838,74	167,748	28 165,306
P141. 1	3 437,43	12,50	21,40	23,28	44,68	0,20	558,51	111,702	28 277,009
P142	3 450,00	18,78	21,41	23,14	44,55	0,20	836,94	167,387	28 444,396
P143	3 475,00	25,00	21,18	22,61	43,79	0,20	1 094,73	218,947	28 663,343
P144	3 500,00	25,00	20,20	22,13	42,34	0,20	1 058,39	211,678	28 875,021
P145	3 525,00	25,00	19,90	21,43	41,33	0,20	1 033,29	206,659	29 081,680
P146	3 550,00	25,00	19,29	20,71	40,01	0,20	1 000,23	200,047	29 281,727
P147	3 575,00	25,00	18,91	20,03	38,94	0,20	973,48	194,697	29 476,424
P148	3 600,00	25,00	18,59	19,58	38,17	0,20	954,17	190,834	29 667,258

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P149	3 625,00	25,00	18,29	19,15	37,44	0,20	935,99	187,197	29 854,455
P150	3 650,00	25,00	18,09	18,80	36,88	0,20	922,12	184,425	30 038,880
P151	3 675,00	25,00	17,87	18,56	36,44	0,20	910,90	182,180	30 221,059
P152	3 700,00	18,76	17,77	18,32	36,09	0,20	677,10	135,419	30 356,479
P152. 1	3 712,52	12,50	17,75	18,29	36,04	0,20	450,51	90,103	30 446,582
P153	3 725,00	18,74	17,55	18,12	35,67	0,20	668,46	133,692	30 580,274
P154	3 750,00	25,00	17,38	18,03	35,41	0,20	885,33	177,066	30 757,340
P155	3 775,00	25,00	17,05	17,98	35,03	0,20	875,65	175,130	30 932,470
P156	3 800,00	25,00	16,91	17,87	34,78	0,20	869,45	173,891	31 106,361
P157	3 825,00	25,00	16,79	17,66	34,45	0,20	861,15	172,231	31 278,592
P158	3 850,00	25,00	16,32	16,49	32,81	0,20	820,24	164,047	31 442,639
P159	3 875,00	25,00	16,11	15,82	31,94	0,20	798,39	159,678	31 602,317
P160	3 900,00	25,00	15,88	15,79	31,66	0,20	791,52	158,304	31 760,622
P161	3 925,00	25,00	15,21	15,66	30,88	0,20	771,88	154,375	31 914,997
P162	3 950,00	25,00	14,93	15,23	30,17	0,20	754,18	150,837	32 065,833
P163	3 975,00	25,00	14,17	14,39	28,56	0,20	714,10	142,820	32 208,654
P164	4 000,00	25,00	14,43	13,31	27,74	0,20	693,59	138,718	32 347,372
P165	4 025,00	25,00	16,20	14,99	31,19	0,20	779,71	155,942	32 503,314
P166	4 050,00	25,00	16,92	16,15	33,07	0,20	826,77	165,353	32 668,667
P167	4 075,00	13,60	17,10	16,99	34,09	0,20	463,43	92,685	32 761,352
P168	4 077,19	12,50	17,07	17,07	34,14	0,20	426,69	85,338	32 846,690
P169	4 100,00	23,90	16,87	18,07	34,94	0,20	835,25	167,051	33 013,741
P170	4 125,00	25,00	16,99	18,36	35,35	0,20	883,85	176,770	33 190,511
P171	4 150,00	25,00	18,20	18,43	36,64	0,20	915,88	183,175	33 373,686
P172	4 175,00	25,00	19,30	19,16	38,45	0,20	961,34	192,267	33 565,953
P173	4 200,00	25,00	19,65	19,88	39,52	0,20	988,11	197,621	33 763,575
P174	4 225,00	25,00	19,90	20,57	40,47	0,20	1 011,74	202,348	33 965,923
P175	4 250,00	25,00	20,38	20,89	41,28	0,20	1 031,89	206,378	34 172,301
P176	4 275,00	25,00	20,85	21,20	42,05	0,20	1 051,21	210,242	34 382,543
P177	4 300,00	25,00	21,16	21,03	42,19	0,20	1 054,63	210,926	34 593,469
P178	4 325,00	25,00	21,30	21,13	42,43	0,20	1 060,84	212,168	34 805,637
P179	4 350,00	25,00	21,24	21,18	42,42	0,20	1 060,50	212,099	35 017,736
P180	4 375,00	25,00	20,98	20,88	41,86	0,20	1 046,46	209,293	35 227,029
P181	4 400,00	25,00	20,79	20,61	41,40	0,20	1 035,09	207,018	35 434,047
P182	4 425,00	25,00	20,40	20,32	40,72	0,20	1 017,97	203,595	35 637,642
P183	4 450,00	22,53	20,08	20,08	40,16	0,20	904,89	180,979	35 818,621
P183. 1	4 470,06	12,50	19,74	20,17	39,92	0,20	498,96	99,791	35 918,413
P184	4 475,00	14,97	19,66	20,14	39,80	0,20	595,77	119,155	36 037,567
P185	4 500,00	25,00	19,23	19,91	39,14	0,20	978,55	195,710	36 233,277
P186	4 525,00	25,00	19,38	18,47	37,85	0,20	946,30	189,260	36 422,537

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P187	4 550,00	25,00	19,40	19,31	38,71	0,20	967,70	193,539	36 616,076
P188	4 575,00	25,00	19,02	18,96	37,98	0,20	949,38	189,875	36 805,952
P189	4 600,00	25,00	18,61	18,61	37,22	0,20	930,55	186,110	36 992,062
P190	4 625,00	25,00	18,61	18,25	36,86	0,20	921,61	184,322	37 176,384
P191	4 650,00	25,00	18,61	17,86	36,48	0,20	911,94	182,388	37 358,771
P192	4 675,00	25,00	18,44	17,84	36,28	0,20	907,05	181,409	37 540,181
P193	4 700,00	25,00	18,40	17,75	36,15	0,20	903,74	180,749	37 720,929
P194	4 725,00	25,00	18,05	17,77	35,82	0,20	895,54	179,108	37 900,037
P195	4 750,00	25,00	17,77	17,75	35,52	0,20	887,88	177,577	38 077,614
P196	4 775,00	25,00	17,53	17,55	35,08	0,20	876,89	175,378	38 252,992
P197	4 800,00	25,00	17,37	17,26	34,63	0,20	865,67	173,133	38 426,125
P198	4 825,00	25,00	17,24	16,96	34,20	0,20	854,97	170,994	38 597,119
P199	4 850,00	25,00	17,03	16,36	33,39	0,20	834,79	166,957	38 764,076
P200	4 875,00	25,00	16,51	16,35	32,86	0,20	821,57	164,315	38 928,391
P201	4 900,00	25,00	16,24	16,63	32,87	0,20	821,80	164,361	39 092,752
P202	4 925,00	25,00	16,01	16,46	32,47	0,20	811,74	162,348	39 255,099
P203	4 950,00	25,00	15,86	15,98	31,84	0,20	796,05	159,210	39 414,309
P204	4 975,00	25,00	15,39	15,38	30,77	0,20	769,19	153,839	39 568,147
P205	5 000,00	18,38	14,97	14,57	29,55	0,20	543,23	108,646	39 676,793
P206	5 011,77	5,88	14,38	14,30	28,67	0,20	168,73	33,747	<b>39 710,540</b>

▪ **Calcul de cubature de terrassement**

**Tableau VII-6 : Calcul de cubature de terrassement**

Profil n°	Abscisse (m)	Longueur d'appl (m)	Déblai			Remblai		
			Surf (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul Vol. (m <sup>3</sup> )	Surf (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul Vol. (m <sup>3</sup> )
P1	0,00	12,50	0,00	0,000	0,000	144,23	1 802,832	1 802,832
P2	25,00	25,00	0,00	0,000	0,000	138,47	3 461,818	5 264,651
P3	50,00	25,00	0,00	0,000	0,000	129,57	3 239,290	8 503,941
P4	75,00	25,00	0,00	0,000	0,000	122,79	3 069,705	11 573,646
P5	100,00	25,00	0,00	0,000	0,000	125,04	3 126,085	14 699,731
P6	125,00	25,00	0,00	0,000	0,000	117,20	2 929,949	17 629,680
P7	150,00	25,00	0,00	0,000	0,000	112,73	2 818,170	20 447,850
P8	175,00	25,00	0,00	0,000	0,000	109,55	2 738,854	23 186,703
P9	200,00	25,00	0,00	0,000	0,000	104,78	2 619,486	25 806,189
P10	225,00	25,00	0,00	0,000	0,000	100,10	2 502,390	28 308,579
P11	250,00	25,00	0,00	0,000	0,000	94,65	2 366,158	30 674,737
P12	275,00	25,00	0,00	0,000	0,000	92,00	2 300,081	32 974,818
P13	300,00	25,00	0,00	0,000	0,000	87,38	2 184,509	35 159,327
P14	325,00	25,00	0,00	0,000	0,000	85,63	2 140,862	37 300,189
P15	350,00	25,00	0,00	0,000	0,000	80,56	2 014,082	39 314,272
P16	375,00	25,00	0,00	0,000	0,000	76,94	1 923,580	41 237,852

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P17	400,00	25,00	0,00	0,000	0,000	65,63	1 640,667	42 878,519
P18	425,00	25,00	0,00	0,000	0,000	59,16	1 478,926	44 357,445
P19	450,00	25,00	0,00	0,000	0,000	58,63	1 465,760	45 823,205
P20	475,00	25,00	0,00	0,000	0,000	59,87	1 496,677	47 319,882
P21	500,00	25,00	0,00	0,000	0,000	57,63	1 440,724	48 760,606
P22	525,00	25,00	0,00	0,000	0,000	61,44	1 535,878	50 296,485
P23	550,00	25,00	0,00	0,000	0,000	63,02	1 575,588	51 872,072
P24	575,00	25,00	0,00	0,000	0,000	61,46	1 536,543	53 408,616
P25	600,00	25,00	0,00	0,000	0,000	53,58	1 339,599	54 748,214
P26	625,00	25,00	0,00	0,000	0,000	48,31	1 207,650	55 955,865
P27	650,00	25,00	0,00	0,000	0,000	66,58	1 664,568	57 620,433
P28	675,00	25,00	0,00	0,000	0,000	72,23	1 805,843	59 426,276
P29	700,00	25,00	0,00	0,000	0,000	62,07	1 551,845	60 978,121
P30	725,00	25,00	0,00	0,000	0,000	62,19	1 554,746	62 532,867
P31	750,00	25,00	0,00	0,000	0,000	68,81	1 720,222	64 253,089
P32	775,00	25,00	0,00	0,000	0,000	72,58	1 814,436	66 067,525
P33	800,00	25,00	0,00	0,000	0,000	81,72	2 042,951	68 110,476
P34	825,00	12,87	0,00	0,000	0,000	93,83	1 207,708	69 318,185
P34.1	825,74	12,50	0,00	0,000	0,000	93,87	1 173,410	70 491,595
P35	850,00	24,63	0,00	0,000	0,000	94,89	2 337,063	72 828,658
P36	875,00	25,00	0,00	0,000	0,000	102,32	2 558,025	75 386,683
P37	900,00	25,00	0,00	0,000	0,000	114,11	2 852,799	78 239,482
P38	925,00	20,61	0,00	0,000	0,000	122,08	2 516,167	80 755,648
P39	941,22	12,50	0,00	0,000	0,000	126,18	1 577,295	82 332,944
P40	950,00	16,89	0,00	0,000	0,000	127,38	2 151,226	84 484,170
P41	975,00	25,00	0,00	0,000	0,000	130,38	3 259,479	87 743,649
P42	1000,00	25,00	0,00	0,000	0,000	133,65	3 341,211	91 084,860
P43	1025,00	25,00	0,00	0,000	0,000	136,12	3 403,083	94 487,943
P44	1050,00	25,00	0,00	0,000	0,000	124,46	3 111,474	97 599,417
P45	1075,00	25,00	0,00	0,000	0,000	124,73	3 118,188	100 717,605
P46	1100,00	25,00	0,00	0,000	0,000	142,84	3 570,993	104 288,598
P47	1125,00	25,00	0,00	0,000	0,000	145,28	3 632,090	107 920,687
P48	1150,00	25,00	0,00	0,000	0,000	128,31	3 207,746	111 128,434
P49	1175,00	25,00	0,00	0,000	0,000	119,62	2 990,529	114 118,963
P50	1200,00	25,00	0,00	0,000	0,000	112,64	2 816,001	116 934,964
P51	1225,00	25,00	0,00	0,000	0,000	102,07	2 551,806	119 486,770
P52	1250,00	25,00	0,00	0,000	0,000	97,05	2 426,308	121 913,078
P53	1275,00	25,00	0,00	0,000	0,000	82,41	2 060,355	123 973,433
P54	1300,00	25,00	0,00	0,000	0,000	81,68	2 041,940	126 015,372
P55	1325,00	25,00	0,00	0,000	0,000	75,78	1 894,473	127 909,845
P56	1350,00	25,00	0,00	0,000	0,000	68,74	1 718,515	129 628,360
P57	1375,00	25,00	0,00	0,000	0,000	70,90	1 772,439	131 400,800
P58	1400,00	25,00	0,00	0,000	0,000	100,08	2 502,085	133 902,884
P59	1425,00	25,00	0,00	0,000	0,000	123,40	3 085,111	136 987,996
P60	1450,00	25,00	0,00	0,000	0,000	154,86	3 871,400	140 859,396
P61	1475,00	25,00	0,00	0,000	0,000	166,52	4 162,875	145 022,272
P62	1500,00	25,00	0,00	0,000	0,000	182,73	4 568,328	149 590,599

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P63	1525,00	25,00	0,00	0,000	0,000	198,06	4 951,375	154 541,975
P64	1550,00	25,00	0,00	0,000	0,000	222,62	5 565,385	160 107,360
P65	1575,00	25,00	0,00	0,000	0,000	230,15	5 753,798	165 861,158
P66	1600,00	25,00	0,00	0,000	0,000	230,22	5 755,606	171 616,764
P67	1625,00	25,00	0,00	0,000	0,000	231,22	5 780,384	177 397,148
P68	1650,00	25,00	0,00	0,000	0,000	238,19	5 954,671	183 351,820
P69	1675,00	25,00	0,00	0,000	0,000	245,59	6 139,642	189 491,462
P70	1700,00	25,00	0,00	0,000	0,000	252,15	6 303,744	195 795,206
P71	1725,00	25,00	0,00	0,000	0,000	248,20	6 205,046	202 000,252
P72	1750,00	25,00	0,00	0,000	0,000	239,65	5 991,171	207 991,423
P73	1775,00	25,00	0,00	0,000	0,000	234,13	5 853,251	213 844,674
P74	1800,00	25,00	0,00	0,000	0,000	224,39	5 609,710	219 454,385
P75	1825,00	25,00	0,00	0,000	0,000	223,75	5 593,708	225 048,093
P76	1850,00	25,00	0,00	0,000	0,000	221,92	5 547,876	230 595,969
P77	1875,00	25,00	0,00	0,000	0,000	232,45	5 811,152	236 407,121
P78	1900,00	15,64	0,00	0,000	0,000	254,89	3 986,744	240 393,865
P79	1906,28	12,50	0,00	0,000	0,000	259,35	3 241,835	243 635,700
P80	1925,00	19,75	0,00	0,000	0,000	250,70	4 951,895	248 587,594
P80.1	1945,79	12,50	0,00	0,000	0,000	252,97	3 162,149	251 749,743
P81	1950,00	14,61	0,00	0,000	0,000	252,75	3 691,902	255 441,645
P82	1975,00	17,76	0,00	0,000	0,000	251,21	4 462,291	259 903,936
P82.1	1985,53	12,50	0,00	0,000	0,000	252,62	3 157,748	263 061,684
P83	2000,00	19,74	0,00	0,000	0,000	246,02	4 855,514	267 917,198
P84	2025,00	25,00	0,00	0,000	0,000	230,96	5 773,932	273 691,130
P85	2050,00	25,00	0,00	0,000	0,000	205,57	5 139,214	278 830,344
P86	2075,00	25,00	0,00	0,000	0,000	192,45	4 811,165	283 641,509
P87	2100,00	25,00	0,00	0,000	0,000	176,74	4 418,573	288 060,082
P88	2125,00	25,00	0,00	0,000	0,000	144,96	3 624,100	291 684,182
P89	2150,00	25,00	0,00	0,000	0,000	97,63	2 440,681	294 124,863
P90	2175,00	25,00	0,00	0,000	0,000	55,99	1 399,672	295 524,535
P91	2200,00	25,00	0,29	7,365	7,365	48,09	1 202,134	296 726,669
P92	2225,00	25,00	0,98	24,592	31,957	32,02	800,519	297 527,188
P93	2250,00	25,00	2,97	74,190	106,147	24,64	616,002	298 143,190
P94	2275,00	25,00	18,17	454,251	560,398	2,44	61,068	298 204,258
P95	2300,00	25,00	54,59	1 364,694	1 925,092	0,04	1,013	298 205,271
P96	2325,00	25,00	134,34	3 358,523	5 283,615	0,04	1,012	298 206,282
P97	2350,00	25,00	202,41	5 060,222	10 343,837	0,04	0,986	298 207,268
P98	2375,00	25,00	242,47	6 061,685	16 405,522	0,04	1,001	298 208,269
P99	2400,00	25,00	270,74	6 768,538	23 174,060	0,04	0,957	298 209,226
P100	2425,00	25,00	262,78	6 569,414	29 743,475	0,04	0,964	298 210,190
P101	2450,00	25,00	247,46	6 186,461	35 929,936	0,04	0,971	298 211,161
P102	2475,00	25,00	240,94	6 023,476	41 953,412	0,04	1,031	298 212,192
P103	2500,00	25,00	225,41	5 635,277	47 588,689	0,04	1,062	298 213,254
P104	2525,00	25,00	292,20	7 304,915	54 893,604	0,04	1,062	298 214,315
P105	2550,00	25,00	394,42	9 860,516	64 754,120	0,04	1,027	298 215,342
P106	2575,00	25,00	490,41	12 260,185	77 014,305	0,04	1,025	298 216,367
P107	2600,00	25,00	589,35	14 733,714	91 748,019	0,04	0,984	298 217,352

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P108	2625,00	25,00	636,28	15 906,942	107 654,960	0,04	0,979	298 218,330
P109	2650,00	25,00	671,87	16 796,801	124 451,761	0,04	0,975	298 219,305
P110	2675,00	25,00	691,84	17 295,891	141 747,652	0,04	0,974	298 220,279
P111	2700,00	25,00	721,97	18 049,307	159 796,959	0,04	0,965	298 221,244
P112	2725,00	25,00	737,51	18 437,666	178 234,625	0,04	0,960	298 222,203
P113	2750,00	25,00	730,53	18 263,175	196 497,800	0,04	0,971	298 223,174
P114	2775,00	25,00	738,28	18 457,082	214 954,882	0,04	0,998	298 224,172
P115	2800,00	25,00	675,47	16 886,762	231 841,645	0,04	0,897	298 225,069
P116	2825,00	25,00	605,28	15 131,878	246 973,523	0,04	0,896	298 225,965
P117	2850,00	25,00	602,12	15 052,932	262 026,455	0,04	0,879	298 226,843
P118	2875,00	25,00	622,53	15 563,233	277 589,688	0,04	0,898	298 227,742
P119	2900,00	25,00	589,06	14 726,531	292 316,218	0,02	0,472	298 228,214
P120	2925,00	25,00	551,26	13 781,414	306 097,632	0,02	0,498	298 228,712
P121	2950,00	25,00	514,99	12 874,763	318 972,396	0,02	0,468	298 229,179
P122	2975,00	20,51	503,02	10 315,175	329 287,571	0,02	0,407	298 229,586
P123	2991,01	12,50	495,94	6 199,275	335 486,845	0,02	0,247	298 229,833
P124	3000,00	16,99	490,34	8 332,696	343 819,541	0,02	0,328	298 230,161
P125	3025,00	25,00	584,58	14 614,509	358 434,050	0,02	0,454	298 230,616
P126	3050,00	25,00	607,75	15 193,637	373 627,687	0,04	0,917	298 231,533
P127	3075,00	25,00	579,74	14 493,572	388 121,259	0,04	0,950	298 232,482
P128	3100,00	25,00	538,63	13 465,832	401 587,091	0,04	0,948	298 233,430
P129	3125,00	25,00	489,88	12 246,987	413 834,079	0,04	1,002	298 234,432
P130	3150,00	25,00	445,65	11 141,324	424 975,403	0,04	1,022	298 235,454
P131	3175,00	25,00	416,71	10 417,660	435 393,062	0,04	1,005	298 236,460
P132	3200,00	25,00	410,89	10 272,167	445 665,230	0,04	0,982	298 237,442
P133	3225,00	25,00	411,79	10 294,834	455 960,064	0,04	0,957	298 238,400
P134	3250,00	25,00	422,53	10 563,232	466 523,296	0,04	0,966	298 239,365
P135	3275,00	25,00	426,66	10 666,605	477 189,901	0,04	0,928	298 240,293
P136	3300,00	25,00	385,86	9 646,504	486 836,404	0,04	0,977	298 241,270
P137	3325,00	25,00	349,13	8 728,267	495 564,672	0,04	0,991	298 242,261
P138	3350,00	25,00	333,57	8 339,251	503 903,923	0,04	1,009	298 243,271
P139	3375,00	25,00	331,56	8 289,028	512 192,951	0,04	1,016	298 244,286
P140	3400,00	25,00	306,38	7 659,570	519 852,521	0,04	1,004	298 245,291
P141	3425,00	18,72	292,33	5 471,029	525 323,550	0,04	0,747	298 246,038
P141.1	3437,43	12,50	289,94	3 624,264	528 947,814	0,04	0,499	298 246,536
P142	3450,00	18,78	288,72	5 423,577	534 371,392	0,04	0,750	298 247,286
P143	3475,00	25,00	262,54	6 563,395	540 934,786	0,04	1,057	298 248,343
P144	3500,00	25,00	228,38	5 709,566	546 644,352	0,04	1,041	298 249,384
P145	3525,00	25,00	216,39	5 409,783	552 054,135	0,04	1,010	298 250,394
P146	3550,00	25,00	190,09	4 752,359	556 806,494	0,04	1,005	298 251,399
P147	3575,00	25,00	169,95	4 248,782	561 055,276	0,04	1,005	298 252,404
P148	3600,00	25,00	154,57	3 864,284	564 919,560	0,04	1,005	298 253,409
P149	3625,00	25,00	142,07	3 551,711	568 471,271	0,04	1,004	298 254,414
P150	3650,00	25,00	132,54	3 313,434	571 784,705	0,04	1,003	298 255,416
P151	3675,00	25,00	124,46	3 111,574	574 896,280	0,04	1,000	298 256,416
P152	3700,00	18,76	117,96	2 212,951	577 109,231	0,04	0,752	298 257,168
P152.1	3712,52	12,50	117,12	1 464,037	578 573,268	0,04	0,500	298 257,668

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P153	3725,00	18,74	113,05	2 118,676	580 691,944	0,04	0,748	298 258,416
P154	3750,00	25,00	108,35	2 708,745	583 400,689	0,04	0,993	298 259,409
P155	3775,00	25,00	103,06	2 576,409	585 977,098	0,04	0,987	298 260,396
P156	3800,00	25,00	96,83	2 420,636	588 397,735	0,04	0,992	298 261,388
P157	3825,00	25,00	89,83	2 245,642	590 643,377	0,04	1,002	298 262,390
P158	3850,00	25,00	61,51	1 537,670	592 181,047	0,04	1,019	298 263,409
P159	3875,00	25,00	53,14	1 328,410	593 509,458	0,04	0,980	298 264,390
P160	3900,00	25,00	43,71	1 092,801	594 602,259	0,04	0,992	298 265,382
P161	3925,00	25,00	34,87	871,828	595 474,087	0,04	0,988	298 266,370
P162	3950,00	25,00	18,59	464,738	595 938,825	0,04	1,016	298 267,386
P163	3975,00	25,00	0,59	14,749	595 953,574	4,52	113,053	298 380,439
P164	4000,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	32,58	814,558	299 194,998
P165	4025,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	69,59	1 739,801	300 934,799
P166	4050,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	89,15	2 228,668	303 163,466
P167	4075,00	13,60	0,00	0,000	595 953,574	105,42	1 433,272	304 596,739
P168	4077,19	12,50	0,00	0,000	595 953,574	106,31	1 328,877	305 925,616
P169	4100,00	23,90	0,00	0,000	595 953,574	108,72	2 598,905	308 524,521
P170	4125,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	110,26	2 756,523	311 281,044
P171	4150,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	126,52	3 163,106	314 444,150
P172	4175,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	153,75	3 843,814	318 287,963
P173	4200,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	169,11	4 227,727	322 515,691
P174	4225,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	179,41	4 485,297	327 000,988
P175	4250,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	189,06	4 726,463	331 727,451
P176	4275,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	201,14	5 028,420	336 755,870
P177	4300,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	201,63	5 040,762	341 796,632
P178	4325,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	210,32	5 257,905	347 054,537
P179	4350,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	208,07	5 201,699	352 256,235
P180	4375,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	200,86	5 021,606	357 277,841
P181	4400,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	194,60	4 865,106	362 142,947
P182	4425,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	184,49	4 612,325	366 755,272
P183	4450,00	22,53	0,00	0,000	595 953,574	175,99	3 965,238	370 720,510
P183.1	4470,06	12,50	0,00	0,000	595 953,574	171,61	2 145,150	372 865,660
P184	4475,00	14,97	0,00	0,000	595 953,574	170,41	2 550,984	375 416,644
P185	4500,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	164,07	4 101,757	379 518,401
P186	4525,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	152,13	3 803,312	383 321,713
P187	4550,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	151,48	3 786,952	387 108,665
P188	4575,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	147,04	3 676,038	390 784,703
P189	4600,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	137,22	3 430,547	394 215,250
P190	4625,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	130,90	3 272,615	397 487,865
P191	4650,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	128,20	3 205,005	400 692,870
P192	4675,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	126,39	3 159,860	403 852,730
P193	4700,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	125,50	3 137,548	406 990,277
P194	4725,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	121,48	3 036,878	410 027,155
P195	4750,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	117,49	2 937,176	412 964,331
P196	4775,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	111,88	2 796,914	415 761,245
P197	4800,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	106,80	2 670,076	418 431,321
P198	4825,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	100,71	2 517,696	420 949,017

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 5,00 Km

P199	4850,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	94,80	2 369,982	423 318,999
P200	4875,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	88,41	2 210,291	425 529,290
P201	4900,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	87,07	2 176,692	427 705,981
P202	4925,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	80,97	2 024,256	429 730,237
P203	4950,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	77,68	1 942,054	431 672,292
P204	4975,00	25,00	0,00	0,000	595 953,574	65,05	1 626,373	433 298,665
P205	5000,00	18,38	0,00	0,000	595 953,574	51,78	951,885	434 250,550
P206	<b>5011,77</b>	5,88	0,00	0,000	<b>595 953,574</b>	42,06	247,500	<b>434 498,050</b>

- ✓ Longueur Totale du Tracé : **5011.77 m**
- ✓ Surface totale de décapage : **198 552.70 m<sup>2</sup>**
- ✓ Volume total de décapage : **39 710.540 m<sup>3</sup>**
- ✓ Déblai Total : **595 953.574 m<sup>3</sup>**
- ✓ Remblai Total : **434 498.050 m<sup>3</sup>**

# Chapitre : VIII

---

## IMPLANTATION

VIII-1- INTRODUCTION

VIII-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS  
DES ALIGNEMENTS

VIII-3- IMPLANTATION DE COURBES

➤ Listing d'implantation planimétrique et altimétrique  
des profil

## **CHAPITRE VIII**

### **IMPLANTATION**

#### **VIII-1- INTRODUCTION :**

On sait que le trace d'une route comme toutes les autres voies de communication se compose d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires ou progressives en tenant compte des points de passage obligés de relief du terrain des obstacles rencontrés pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisent entre lesquels il est facile de mettre en place des points intermédiaires, par contre pour implanter une courbe on a besoin d'un certain nombre de points et il existe plusieurs méthodes d'implantation :

- ✓ Implantation par abscisses et ordonnées sur la tangente.
- ✓ Implantation par abscisses et ordonnées sur la corde.
- ✓ Implantation par rayonnement classique.
- ✓ Implantation par coordonnées polaires.
- ✓ Implantation par coordonnées cartésiennes.

À partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain les repères nécessaires à la réalisation de la route.

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain. Il est utile de matérialiser donc solidement les piquets de stations qui doivent être ménagés contre la disposition et la distraction.

L'implantation est donc une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet. Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan).

#### ➤ **Plan de piquetage des axes des voies :**

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes.

## **VIII-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DES ALIGNEMENTS :**

### **A. Par Rayonnement :**

On pose un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

### **B. Par intersection :**

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

### **C. Par coordonnées polaires :**

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

## **VIII-3- IMPLANTATION DE COURBES :**

### **1. Raccordement circulaire :**

Pour implanter un raccordement circulaire, il faut implanter au préalable les alignements droits adjacent et leur intersection.

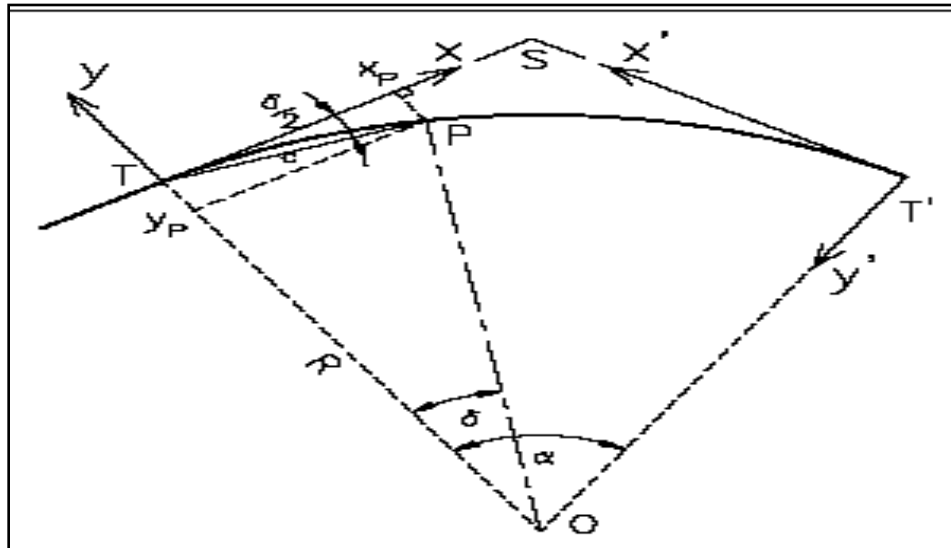
La valeur du rayon  $R$  est une donnée, l'angle au centre  $\beta$  est calculé.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences  $T$ ,  $T'$  et le sommet  $M$  de la courbe à partir du sommet  $S$ .

Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire.

❖ **Méthode d'implantation :**

➤ **Implantation par abscisse et ordonnées sur la tangente :**



**Figure VIII-1 : Implantation sur la tangente.**

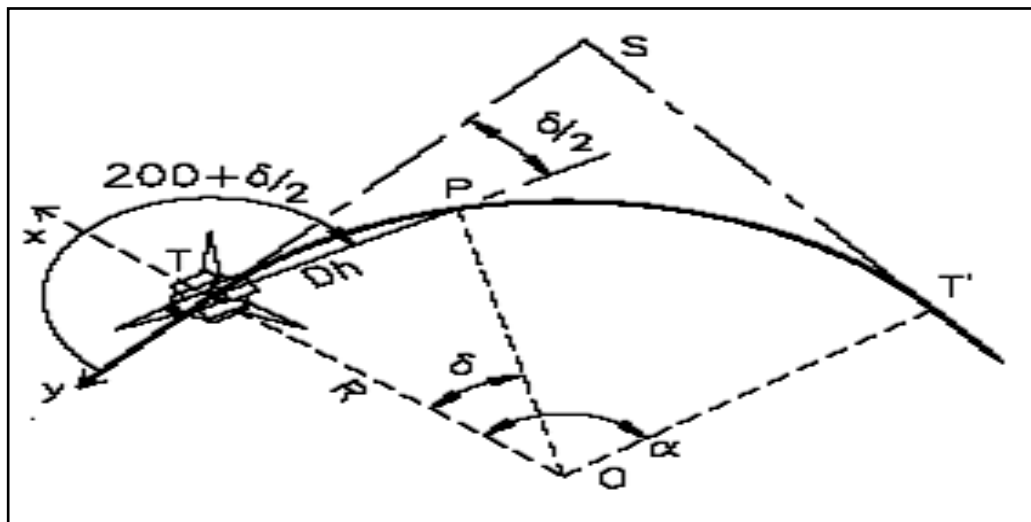
$$X_i = R \cdot \sin(i \cdot \delta) \quad ; \quad Y_i = R \cdot (1 - \cos(i \cdot \delta))$$

➤ **Par abscisses et ordonnées sur la corde :**

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

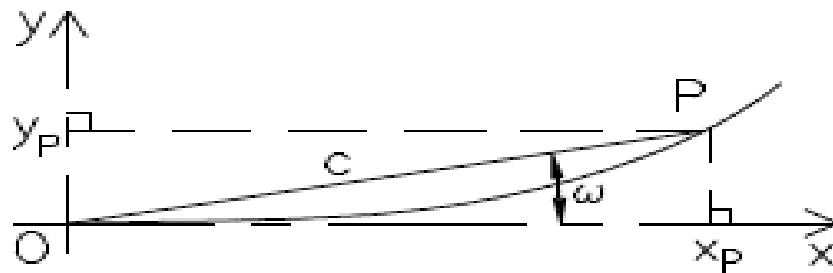
➤ **Méthode : coordonnées polaires :**



**Figure VIII-2 : Coordonnées polaires.**

## 2. Raccordement progressif :

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.



**Figure VIII-3: Méthode d'implantation**

- **Piquetage par coordonnées rectangulaires :**

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \qquad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

- **Piquetage par coordonnées Polaires :**

$$c = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad w_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6}$$

➤ **Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profils :**

**Tableau VIII-1 : Listing d'implantation des points d'axe**

N°	Abscisse (m)	Z Projet (m)	Point d'axe	
			X (m)	Y (m)
P 1	0,00	229,11	257 145,56	3 977 817,24
P 2	25,00	229,29	257 166,25	3 977 831,28
P 3	50,00	229,47	257 186,93	3 977 845,32
P 4	75,00	229,64	257 207,62	3 977 859,36
P 5	100,00	229,82	257 228,31	3 977 873,40
P 6	125,00	229,99	257 248,99	3 977 887,44
P 7	150,00	230,17	257 269,68	3 977 901,48
P 8	175,00	230,34	257 290,36	3 977 915,52
P 9	200,00	230,52	257 311,05	3 977 929,56
P 10	225,00	230,69	257 331,73	3 977 943,59
P 11	250,00	230,87	257 352,42	3 977 957,63
P 12	275,00	231,05	257 373,10	3 977 971,67
P 13	300,00	231,22	257 393,79	3 977 985,71
P 14	325,00	231,40	257 414,47	3 977 999,75
P 15	350,00	231,57	257 435,16	3 978 013,79
P 16	375,00	231,75	257 455,85	3 978 027,83
P 17	400,00	231,92	257 476,53	3 978 041,87
P 18	425,00	232,10	257 497,22	3 978 055,91
P 19	450,00	232,28	257 517,90	3 978 069,95
P 20	475,00	232,45	257 538,59	3 978 083,99
P 21	500,00	232,63	257 559,27	3 978 098,03
P 22	525,00	232,80	257 579,96	3 978 112,07
P 23	550,00	232,98	257 600,64	3 978 126,11
P 24	575,00	233,15	257 621,33	3 978 140,15
P 25	600,00	233,33	257 642,02	3 978 154,19
P 26	625,00	233,50	257 662,70	3 978 168,23
P 27	650,00	233,68	257 683,39	3 978 182,27
P 28	675,00	233,86	257 704,07	3 978 196,31
P 29	700,00	234,03	257 724,76	3 978 210,35
P 30	725,00	234,21	257 745,44	3 978 224,39
P 31	750,00	234,38	257 766,13	3 978 238,43
P 32	775,00	234,56	257 786,81	3 978 252,47
P 33	800,00	234,73	257 807,50	3 978 266,51
P 34	825,00	234,91	257 828,18	3 978 280,55
P 35	825,74	234,92	257 828,80	3 978 280,96
P 36	850,00	235,09	257 848,87	3 978 294,59
P 37	875,00	235,30	257 869,56	3 978 308,62
P 38	900,00	235,52	257 890,24	3 978 322,66
P 39	925,00	235,75	257 910,93	3 978 336,70

<b>P 40</b>	941,22	235,92	257 924,35	3 978 345,81
<b>P 41</b>	950,00	236,01	257 931,62	3 978 350,74
<b>P 42</b>	975,00	236,28	257 952,36	3 978 364,69
<b>P 43</b>	1 000,00	236,57	257 973,18	3 978 378,54
<b>P 44</b>	1 025,00	236,88	257 994,06	3 978 392,28
<b>P 45</b>	1 050,00	237,21	258 015,01	3 978 405,92
<b>P 46</b>	1 075,00	237,55	258 036,03	3 978 419,45
<b>P 47</b>	1 100,00	237,92	258 057,12	3 978 432,88
<b>P 48</b>	1 125,00	238,30	258 078,27	3 978 446,20
<b>P 49</b>	1 150,00	238,70	258 099,49	3 978 459,42
<b>P 50</b>	1 175,00	239,11	258 120,78	3 978 472,53
<b>P 51</b>	1 200,00	239,55	258 142,13	3 978 485,54
<b>P 52</b>	1 225,00	240,00	258 163,55	3 978 498,43
<b>P 53</b>	1 250,00	240,47	258 185,03	3 978 511,22
<b>P 54</b>	1 275,00	240,95	258 206,57	3 978 523,90
<b>P 55</b>	1 300,00	241,46	258 228,18	3 978 536,48
<b>P 56</b>	1 325,00	241,98	258 249,85	3 978 548,95
<b>P 57</b>	1 350,00	242,52	258 271,58	3 978 561,30
<b>P 58</b>	1 375,00	243,08	258 293,38	3 978 573,55
<b>P 59</b>	1 400,00	243,66	258 315,23	3 978 585,69
<b>P 60</b>	1 425,00	244,26	258 337,14	3 978 597,72
<b>P 61</b>	1 450,00	244,87	258 359,12	3 978 609,64
<b>P 62</b>	1 475,00	245,50	258 381,15	3 978 621,45
<b>P 63</b>	1 500,00	246,15	258 403,25	3 978 633,15
<b>P 64</b>	1 525,00	246,81	258 425,40	3 978 644,74
<b>P 65</b>	1 550,00	247,50	258 447,61	3 978 656,22
<b>P 66</b>	1 575,00	248,20	258 469,87	3 978 667,59
<b>P 67</b>	1 600,00	248,92	258 492,20	3 978 678,85
<b>P 68</b>	1 625,00	249,66	258 514,57	3 978 689,99
<b>P 69</b>	1 650,00	250,41	258 537,01	3 978 701,02
<b>P 70</b>	1 675,00	251,18	258 559,50	3 978 711,94
<b>P 71</b>	1 700,00	251,98	258 582,04	3 978 722,75
<b>P 72</b>	1 725,00	252,78	258 604,64	3 978 733,45
<b>P 73</b>	1 750,00	253,61	258 627,29	3 978 744,03
<b>P 74</b>	1 775,00	254,46	258 649,99	3 978 754,50
<b>P 75</b>	1 800,00	255,32	258 672,74	3 978 764,85
<b>P 76</b>	1 825,00	256,20	258 695,55	3 978 775,09
<b>P 77</b>	1 850,00	257,10	258 718,41	3 978 785,22
<b>P 78</b>	1 875,00	258,01	258 741,32	3 978 795,23
<b>P 79</b>	1 900,00	258,95	258 764,27	3 978 805,13
<b>P 80</b>	1 906,28	259,19	258 770,05	3 978 807,60
<b>P 81</b>	1 925,00	259,90	258 787,27	3 978 814,94
<b>P 82</b>	1 945,79	260,71	258 806,39	3 978 823,10
<b>P 83</b>	1 950,00	260,87	258 810,26	3 978 824,75
<b>P 84</b>	1 975,00	261,85	258 833,25	3 978 834,56
<b>P 85</b>	1 985,53	262,26	258 842,94	3 978 838,70
<b>P 86</b>	2 000,00	262,82	258 856,25	3 978 844,38

<b>P 87</b>	2 025,00	263,76	258 879,24	3 978 854,19
<b>P 88</b>	2 050,00	264,67	258 902,24	3 978 864,00
<b>P 89</b>	2 075,00	265,56	258 925,23	3 978 873,81
<b>P 90</b>	2 100,00	266,41	258 948,23	3 978 883,62
<b>P 91</b>	2 125,00	267,24	258 971,22	3 978 893,43
<b>P 92</b>	2 150,00	268,03	258 994,22	3 978 903,24
<b>P 93</b>	2 175,00	268,80	259 017,21	3 978 913,05
<b>P 94</b>	2 200,00	269,53	259 040,20	3 978 922,86
<b>P 95</b>	2 225,00	270,24	259 063,20	3 978 932,68
<b>P 96</b>	2 250,00	270,91	259 086,19	3 978 942,49
<b>P 97</b>	2 275,00	271,56	259 109,19	3 978 952,30
<b>P 98</b>	2 300,00	272,17	259 132,18	3 978 962,11
<b>P 99</b>	2 325,00	272,76	259 155,18	3 978 971,92
<b>P 100</b>	2 350,00	273,32	259 178,17	3 978 981,73
<b>P 101</b>	2 375,00	273,84	259 201,17	3 978 991,54
<b>P 102</b>	2 400,00	274,34	259 224,16	3 979 001,35
<b>P 103</b>	2 425,00	274,81	259 247,15	3 979 011,16
<b>P 104</b>	2 450,00	275,25	259 270,15	3 979 020,98
<b>P 105</b>	2 475,00	275,65	259 293,14	3 979 030,79
<b>P 106</b>	2 500,00	276,03	259 316,14	3 979 040,60
<b>P 107</b>	2 525,00	276,38	259 339,13	3 979 050,41
<b>P 108</b>	2 550,00	276,70	259 362,13	3 979 060,22
<b>P 109</b>	2 575,00	276,99	259 385,12	3 979 070,03
<b>P 110</b>	2 600,00	277,25	259 408,11	3 979 079,84
<b>P 111</b>	2 625,00	277,48	259 431,11	3 979 089,65
<b>P 112</b>	2 650,00	277,68	259 454,10	3 979 099,46
<b>P 113</b>	2 675,00	277,85	259 477,10	3 979 109,28
<b>P 114</b>	2 700,00	277,99	259 500,09	3 979 119,09
<b>P 115</b>	2 725,00	278,10	259 523,09	3 979 128,90
<b>P 116</b>	2 750,00	278,18	259 546,08	3 979 138,71
<b>P 117</b>	2 775,00	278,23	259 569,08	3 979 148,52
<b>P 118</b>	2 800,00	278,25	259 592,07	3 979 158,33
<b>P 119</b>	2 825,00	278,24	259 615,06	3 979 168,14
<b>P 120</b>	2 850,00	278,20	259 638,06	3 979 177,95
<b>P 121</b>	2 875,00	278,13	259 661,05	3 979 187,76
<b>P 122</b>	2 900,00	278,03	259 684,05	3 979 197,58
<b>P 123</b>	2 925,00	277,91	259 707,04	3 979 207,39
<b>P 124</b>	2 950,00	277,75	259 730,04	3 979 217,20
<b>P 125</b>	2 975,00	277,56	259 753,03	3 979 227,01
<b>P 126</b>	2 991,01	277,43	259 767,76	3 979 233,29
<b>P 127</b>	3 000,00	277,34	259 776,02	3 979 236,83
<b>P 128</b>	3 025,00	277,10	259 798,97	3 979 246,74
<b>P 129</b>	3 050,00	276,82	259 821,88	3 979 256,76
<b>P 130</b>	3 075,00	276,51	259 844,73	3 979 266,90
<b>P 131</b>	3 100,00	276,18	259 867,53	3 979 277,15
<b>P 132</b>	3 125,00	275,81	259 890,28	3 979 287,52
<b>P 133</b>	3 150,00	275,42	259 912,97	3 979 298,00

<b>P 134</b>	3 175,00	274,99	259 935,62	3 979 308,60
<b>P 135</b>	3 200,00	274,53	259 958,21	3 979 319,30
<b>P 136</b>	3 225,00	274,05	259 980,75	3 979 330,12
<b>P 137</b>	3 250,00	273,53	260 003,23	3 979 341,05
<b>P 138</b>	3 275,00	272,99	260 025,66	3 979 352,10
<b>P 139</b>	3 300,00	272,42	260 048,03	3 979 363,26
<b>P 140</b>	3 325,00	271,81	260 070,35	3 979 374,52
<b>P 141</b>	3 350,00	271,18	260 092,61	3 979 385,90
<b>P 142</b>	3 375,00	270,51	260 114,81	3 979 397,39
<b>P 143</b>	3 400,00	269,82	260 136,95	3 979 409,00
<b>P 144</b>	3 425,00	269,10	260 159,04	3 979 420,71
<b>P 145</b>	3 437,43	268,73	260 170,00	3 979 426,57
<b>P 146</b>	3 450,00	268,35	260 181,07	3 979 432,53
<b>P 147</b>	3 475,00	267,60	260 203,04	3 979 444,46
<b>P 148</b>	3 500,00	266,84	260 224,95	3 979 456,51
<b>P 149</b>	3 525,00	266,09	260 246,79	3 979 468,66
<b>P 150</b>	3 550,00	265,34	260 268,58	3 979 480,92
<b>P 151</b>	3 575,00	264,59	260 290,31	3 979 493,29
<b>P 152</b>	3 600,00	263,83	260 311,97	3 979 505,77
<b>P 153</b>	3 625,00	263,08	260 333,57	3 979 518,35
<b>P 154</b>	3 650,00	262,33	260 355,11	3 979 531,05
<b>P 155</b>	3 675,00	261,57	260 376,58	3 979 543,85
<b>P 156</b>	3 700,00	260,82	260 397,99	3 979 556,76
<b>P 157</b>	3 712,52	260,44	260 408,69	3 979 563,26
<b>P 158</b>	3 725,00	260,07	260 419,34	3 979 569,77
<b>P 159</b>	3 750,00	259,33	260 440,61	3 979 582,89
<b>P 160</b>	3 775,00	258,61	260 461,83	3 979 596,12
<b>P 161</b>	3 800,00	257,91	260 482,98	3 979 609,46
<b>P 162</b>	3 825,00	257,22	260 504,06	3 979 622,90
<b>P 163</b>	3 850,00	256,54	260 525,07	3 979 636,44
<b>P 164</b>	3 875,00	255,88	260 546,01	3 979 650,09
<b>P 165</b>	3 900,00	255,24	260 566,89	3 979 663,85
<b>P 166</b>	3 925,00	254,61	260 587,70	3 979 677,71
<b>P 167</b>	3 950,00	254,00	260 608,43	3 979 691,67
<b>P 168</b>	3 975,00	253,40	260 629,10	3 979 705,73
<b>P 169</b>	4 000,00	252,82	260 649,70	3 979 719,90
<b>P 170</b>	4 025,00	252,26	260 670,22	3 979 734,18
<b>P 171</b>	4 050,00	251,71	260 690,68	3 979 748,55
<b>P 172</b>	4 075,00	251,17	260 711,06	3 979 763,03
<b>P 173</b>	4 077,19	251,13	260 712,84	3 979 764,30
<b>P 174</b>	4 100,00	250,65	260 731,40	3 979 777,56
<b>P 175</b>	4 125,00	250,15	260 751,74	3 979 792,10
<b>P 176</b>	4 150,00	249,66	260 772,08	3 979 806,64
<b>P 177</b>	4 175,00	249,19	260 792,42	3 979 821,17
<b>P 178</b>	4 200,00	248,74	260 812,76	3 979 835,71
<b>P 179</b>	4 225,00	248,30	260 833,10	3 979 850,25
<b>P 180</b>	4 250,00	247,87	260 853,43	3 979 864,78

<b>P 181</b>	4 275,00	247,46	260 873,77	3 979 879,32
<b>P 182</b>	4 300,00	247,07	260 894,11	3 979 893,86
<b>P 183</b>	4 325,00	246,69	260 914,45	3 979 908,39
<b>P 184</b>	4 350,00	246,33	260 934,79	3 979 922,93
<b>P 185</b>	4 375,00	245,98	260 955,13	3 979 937,47
<b>P 186</b>	4 400,00	245,65	260 975,47	3 979 952,00
<b>P 187</b>	4 425,00	245,34	260 995,81	3 979 966,54
<b>P 188</b>	4 450,00	245,04	261 016,15	3 979 981,07
<b>P 189</b>	4 470,06	244,81	261 032,47	3 979 992,74
<b>P 190</b>	4 475,00	244,75	261 036,49	3 979 995,61
<b>P 191</b>	4 500,00	244,47	261 056,83	3 980 010,15
<b>P 192</b>	4 525,00	244,19	261 077,17	3 980 024,68
<b>P 193</b>	4 550,00	243,91	261 097,51	3 980 039,22
<b>P 194</b>	4 575,00	243,63	261 117,85	3 980 053,76
<b>P 195</b>	4 600,00	243,35	261 138,19	3 980 068,29
<b>P 196</b>	4 625,00	243,08	261 158,52	3 980 082,83
<b>P 197</b>	4 650,00	242,80	261 178,86	3 980 097,37
<b>P 198</b>	4 675,00	242,52	261 199,20	3 980 111,90
<b>P 199</b>	4 700,00	242,24	261 219,54	3 980 126,44
<b>P 200</b>	4 725,00	241,96	261 239,88	3 980 140,98
<b>P 201</b>	4 750,00	241,68	261 260,22	3 980 155,51
<b>P 202</b>	4 775,00	241,40	261 280,56	3 980 170,05
<b>P 203</b>	4 800,00	241,12	261 300,90	3 980 184,59
<b>P 204</b>	4 825,00	240,84	261 321,24	3 980 199,12
<b>P 205</b>	4 850,00	240,56	261 341,58	3 980 213,66
<b>P 206</b>	4 875,00	240,28	261 361,92	3 980 228,20
<b>P 207</b>	4 900,00	240,00	261 382,26	3 980 242,73
<b>P 208</b>	4 925,00	239,72	261 402,60	3 980 257,27
<b>P 209</b>	4 950,00	239,44	261 422,94	3 980 271,81
<b>P 210</b>	4 975,00	239,16	261 443,28	3 980 286,34
<b>P 211</b>	5 000,00	238,89	261 463,61	3 980 300,88
<b>P 212</b>	5 011,77	238,75	261 473,19	3 980 307,72

# Chapitre : IX

---

## ASSAINISSEMENT

IX-1- INTRODUCTION.

IX -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.

IX-3- DEFINITIONS.

IX-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR  
DIMENSIONNER UN FOSSÉ.

## **CHAPITRE IX**

### **ASSAINISSEMENT**

#### **IX-1- INTRODUCTION :**

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

Elle couvre le rétablissement des écoulements naturels, l'assainissement des plates-formes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution routière.

L'eau est la première ennemie de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissade, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoquer par les eaux sont engendrés comme suit :

➤ **Pour les chaussées :**

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

➤ **Pour les talus :**

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

Les études hydrauliques inventorieront l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du

projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

### **IX -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

### **IX-3- DEFINITIONS :**

#### **❖ Assainissement de la chaussée :**

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

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

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

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

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

❖ **Fossé de pied du talus de déblai**

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

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

❖ **Fossé de crête de déblai :**

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

❖ **Réseau de crête de talus de remblai :**

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur .le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de végétation.

En principe, on prévoit un tel réseau des que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions ou les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autre cas

❖ **Fossé de pied de talus de remblai :**

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes :

1. Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains.

2. Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus.

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.

#### ❖ **Descentes d'eau :**

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

#### ❖ **Bassin versant**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, ou la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

#### ❖ **Buses et dalots :**

En général, il est nécessaire de faire passer l'eau sous les routes ou moyen de buses ou dalot.

Ceux-ci doivent être construits en béton ou en maçonnerie et conduisent les eaux dans un bassin d'amortissement

**IX-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR DIMENSIONNER UN FOSSÉ :**

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

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

Avec :

- **K** : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s)    **K = 0.2778.**
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée en **mm/h**
- **A** : superficie du bassin versant.

➤ **Coefficient de ruissellement 'c'**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

**Tableau IX-1 : Coefficient de ruissellement**

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

➤ **Intensité de la pluie :**

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

➤ **Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle**

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \cdot \exp(u \cdot \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)})$$

- $P_{j\text{moy}}$  : pluie journalière moyenne (mm).
- $C_v$  : Coefficient de variation.
- $\ln$ : Log. Népérien.
- $u$  : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

**Tableau IX-2 : Variable GAUSS**

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

❖ **Remarques**

- ✓ 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 fréquence d'averse :**

Pour une durée de ( $t=15\text{mn}=0.25\text{h}$ ), La fréquence d'averse est donnée par la formule

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

Avec :  $t=0.25$  h,  $b=0.42$ .

$P_j$  : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

$b$  : Exposant climatique.

$P_t$  : pluie journalière maximale annuelle.

$t_c$  : Temps de concentration (heure).

▪ **Temps de concentration**

La durée 't' de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

• **La formule de VENTURA :**

✓ Lorsque :  $A < 5 \text{ km}^2$   $\Rightarrow$   $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$

• **La formule de PASSINI**

✓ Lorsque :  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$   $\Rightarrow$   $t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$

• **La formule de GIADOTTI :**

✓ Lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$   $\Rightarrow$   $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$

- **T<sub>c</sub>** : Temps de concentration (heure).
- **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).

▪ **L'intensité de l'averse :**

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

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

Avec :

- **I** : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

$$B = b - 1 = 0.42 - 1 = -0.58 \qquad I = \frac{P_j}{24}$$

▪ **Calcul de débit de saturation (Qs)**

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANNING STRICKLER

$$Q_s = V.S$$

$$V = K_{st}.I^{1/2}R_h^{2/3}$$

- **K<sub>st</sub>** : coefficient de rugosité
- **K<sub>st</sub>** : 30 en terre
- **K<sub>st</sub>** : 40 en buses métalliques.
- **K<sub>st</sub>** : 50 en maçonneries.
- **K<sub>st</sub>** : 70 en bétons (dalots).
- **K<sub>st</sub>** : 75 en bétons (buses préfabriquées).
- **I** : pente longitudinale de l'ouvrage.
- **R<sub>H</sub>** : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).
- **S** : surface mouillée (m<sup>2</sup>).

# Chapitre : X

---

## SIGNALISATION

X- LA SIGNALISATION ROUTIERE.

X -1- INTRODUCTION.

X-2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE.

X-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION.

X-4- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION.

X-5- TYPES DE SIGNALISATION.

X-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES.

## **CHAPITRE X**

### **SIGNALISATION**

#### **X- LA SIGNALISATION ROUTIERE :**

##### **X-1- INTRODUCTION :**

Le développement de la circulation à grande vitesse impose à l'ingénieur routier de réaliser une signalisation impeccable, qui doit provoquer chez l'automobiliste des réflexes instantanés.

Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante. Elle doit être établie aussi sérieusement et minutieusement que la signalisation ferroviaire.

##### **X-2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :**

La signalisation routière a pour objet :

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

##### **X-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION :**

On distingue :

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

#### **X-4- REGLES A RESPECTE POUR LA SIGNALISATION :**

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes

**a) Uniformité :**

L'uniformité implique l'interdiction d'utiliser, sur toutes les voiries, des signaux non réglementaires.

**b) Homogénéité :**

L'homogénéité existe que dans des conditions identiques, l'utilisateur rencontre des signaux de même valeur, de même portée et implantés suivant les mêmes règles.

**c) Simplicité :**

La simplicité s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

**d) Continuité :**

Il s'agit d'un principe de signalisation directionnelle (principe de politesse), la politesse exige de guider l'utilisateur.

**e) Cohérence :**

Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation, cohérence avec les règles de circulation, cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

**f) Concentration et visibilité :**

Il s'agit de deux principes antagonistes, il faut regrouper les panneaux, sous réserve de ne pas nuire à leur lisibilité.

**g) Pose correcte :**

La qualité de la pose et sa maintenance ce sont des facteurs essentiels de la crédibilité de la signalisation

## **X-5- TYPES DE SIGNALISATION :**

### **X-5-1- SIGNALISATION VERTICALE :**

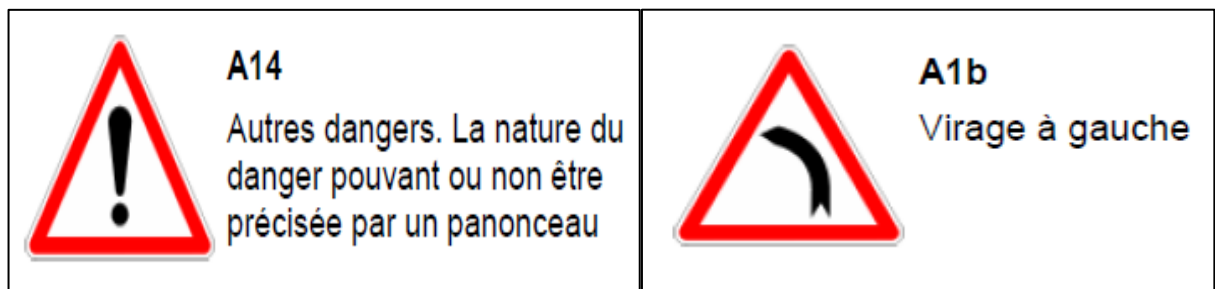
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

#### **1) Signaux de danger :**

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

Elle doit appeler de façon tout spéciale l'attention des usagers de la route aux endroits où leurs vigilances doivent redoubler en raison de la présence d'obstacle.



**Figure X-1 : Signaux de danger**

#### **2) Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

##### **◆ L'interdiction :**

- ✓ Interdiction de tourner (à gauche ou à droite).
- ✓ Interdiction de faire demi-tour.
- ✓ Limitation de vitesse.
- ✓ Arrêt police ou halte gendarmerie.
- ✓ Arrêt à l'intersection.
- ✓ Interdiction de dépasser.
- ✓ Stationnement interdit ou réglementé.

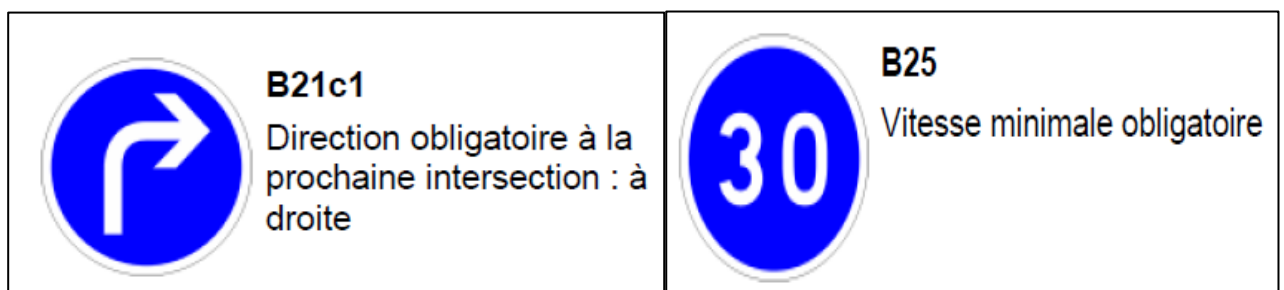
- ✓ Accès interdit aux véhicules automobiles, motocyclettes.
- ✓ Accès interdit aux véhicules affectés au transport de marchandises.
- ✓ Autres interdictions.



**Figure X-2 : Signaux d'Interdiction**

◆ **L'obligation :**

- ✓ Piste obligatoire pour cyclistes.
- ✓ Sens giratoire et sens unique.
- ✓ Vitesse minimum.
- ✓ Autres obligations.



**Figure X-3 : Signaux d'Obligation**

◆ **La fin de prescription :**

- ✓ Fin de limitation de vitesse.
- ✓ Fin d'interdiction de dépasser.
- ✓ Fin d'interdiction de stationner.
- ✓ Fin d'interdiction de l'emploi des avertisseurs sonores.
- ✓ Fin de toutes les prescriptions locales précédemment signalées et imposées aux véhicules en mouvement.

### **3) Signaux à simple indication :**

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

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

### **X-5-2- SIGNALISATION HORIZONTALE :**

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

Elle se divise en trois types :

#### **A. MARQUAGE LONGITUDINAL :**

##### **◆ Lignes continue :**

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

##### **◆ Lignes discontinue :**

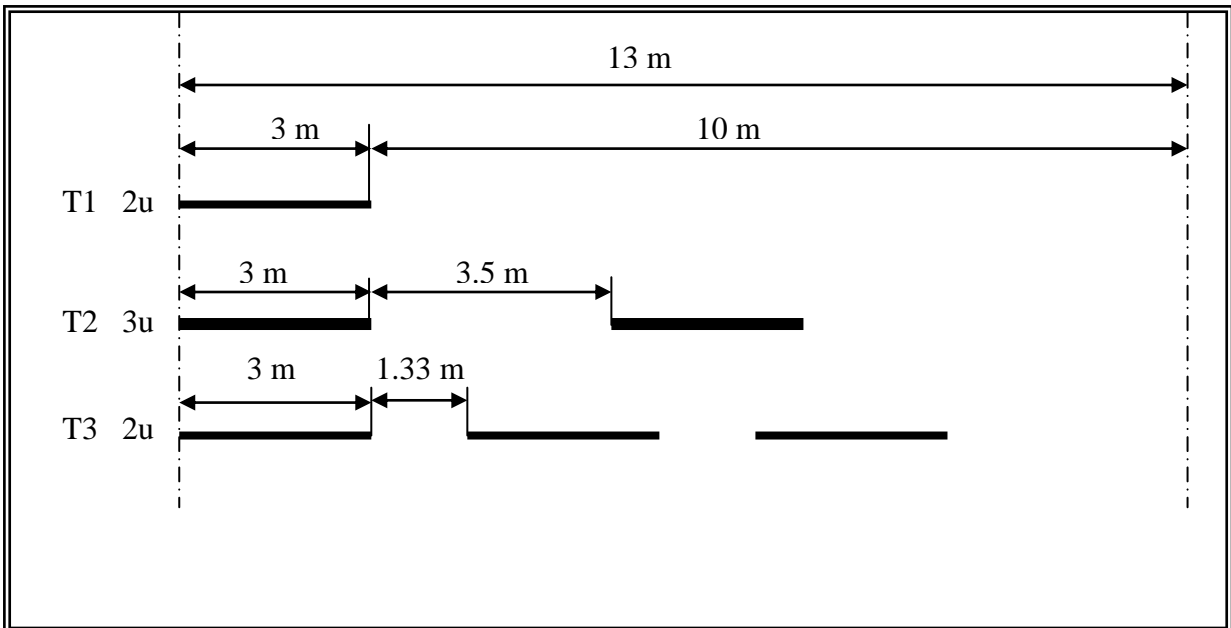
Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- ✓ Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur du trait est environ égale ou tiers de leurs intervalles.
- ✓ Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.

- ✓ Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

➤ **Modulation des lignes discontinues :**

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



**Figure X-4 : Types de modulation de lignes discontinues**

**Tableau X-1: Caractéristiques des lignes discontinues.**

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
≈ 1/3	10	3	T <sub>1</sub>
	5	1.5	T' <sub>1</sub>
≈ 1	3.5	6	T <sub>2</sub>
	0.5	0.5	T' <sub>2</sub>
≈ 3	1.33	3	T <sub>3</sub>
	6	20	T' <sub>3</sub>

**B. MARQUAGE TRANSVERSAL :**

◆ **Lignes transversales continue :**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

◆ **Lignes transversales discontinue :**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

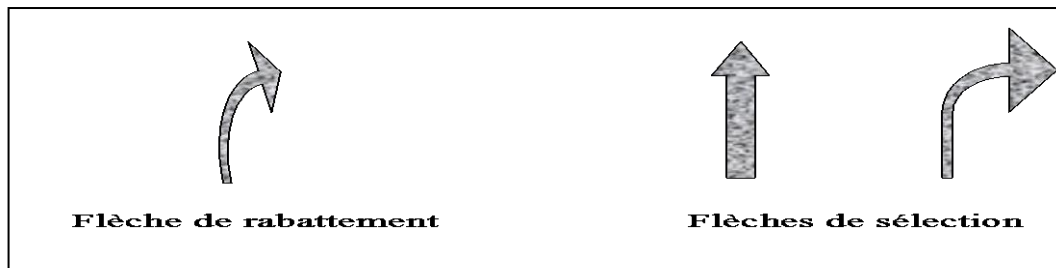
**C. AUTRES MARQUAGES :**

◆ **Flèche de rabattement :**

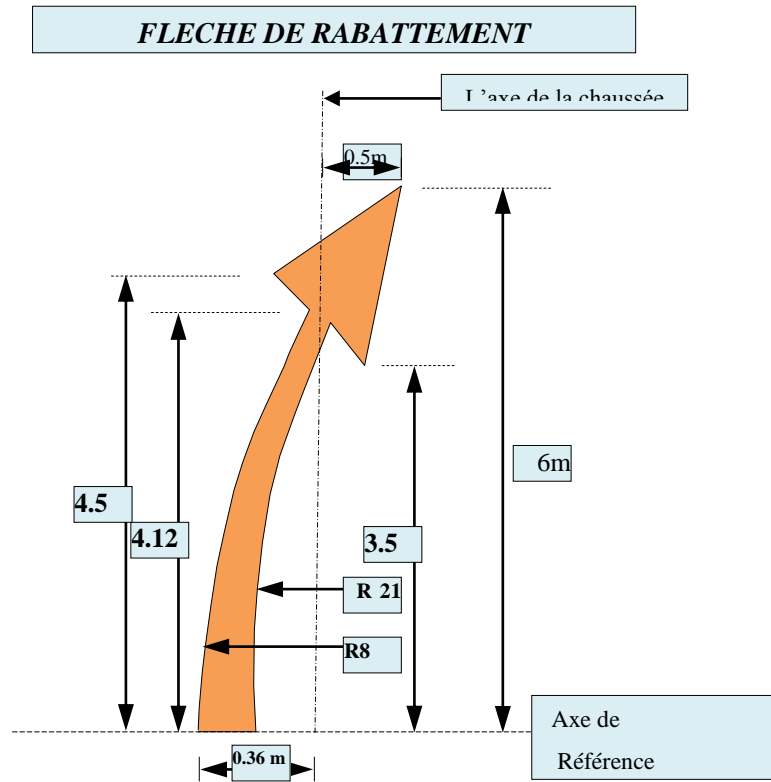
Une flèche légèrement incurvée signalant aux usages qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

◆ **Flèches de sélection :**

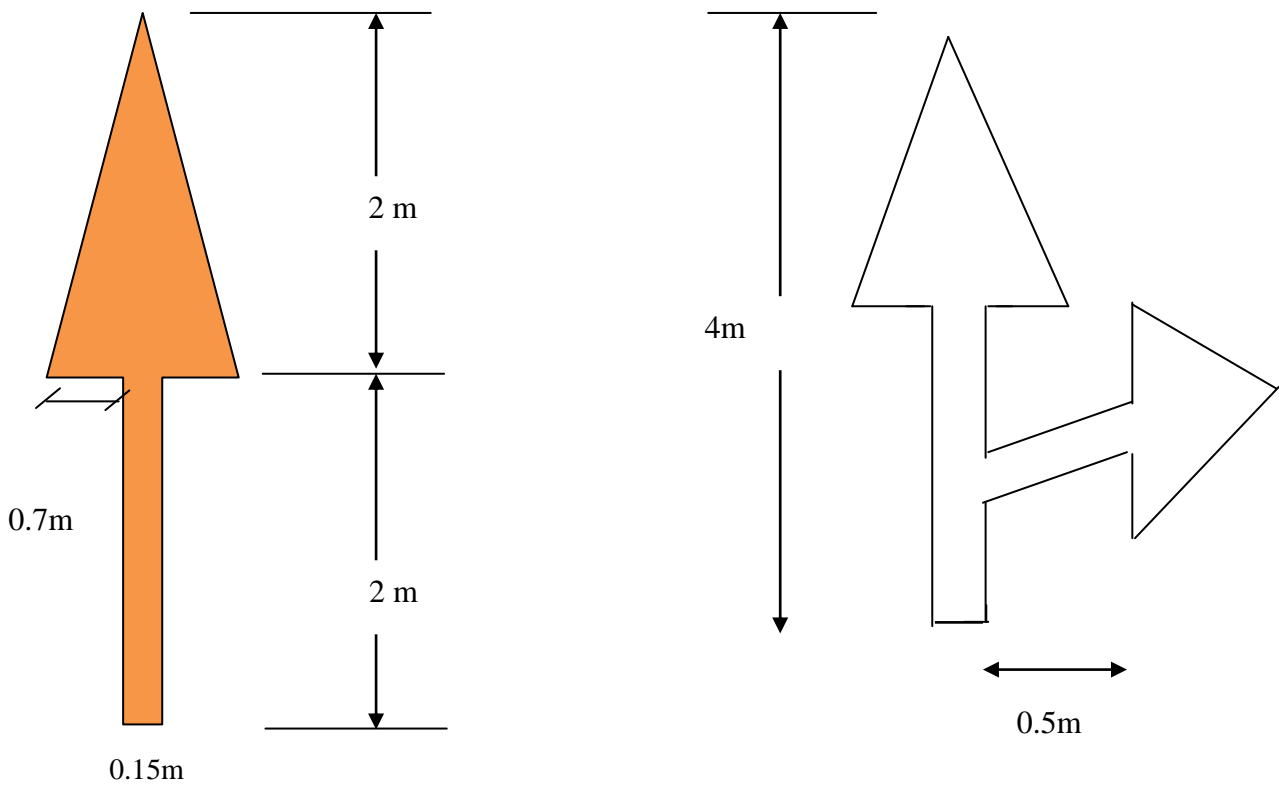
Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.



**Figure X-5 : Flèche de Signalisation**



**Figure X-6 : Flèche de Signalisation**



**Figure X-7 : Flèche de Selection**

**X-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES :**

- ✓ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- ✓ La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à devoir.
  - **U = 7.5** cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
  - **U = 6 cm** sur les routes et voies urbaines.
  - **U = 5 cm** pour les autres routes.

# Chapitre : XI

---

## IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XI-1- INTRODUCTION.

XI-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET

XI-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX  
METHODOLOGIES

XI-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION  
PROPOSEES

XI-5- CONCLUSION

## **CHAPITRE XI**

### **IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**

#### **XI-1- INTRODUCTION :**

Ce projet est assujéti à l'évaluation des impacts sur l'environnement afin d'assurer son intégration dans le milieu récepteur et de réduire ses répercussions environnementales.

Le présent chapitre est constitué l'étude d'impact sur l'environnement du projet de la pénétrante et comporte la description de l'état initial et l'identification des différentes contraintes et sensibilités, et l'identification des impacts.

La consistance de ce rapport portera sur la mise en contexte du projet et le développement des chapitres de:

- La description des milieux physique, humain, biologique, et du paysage traversé.
- La description des composantes du projet que sont: le tracé en plan, le profil en long, et le profil en travers type.
- L'analyse des impacts environnementaux : leurs activités, leurs sources, et leurs évaluations.
- Et une conclusion résumant les impacts et des Activités génératrices des impacts appréhendés, les Sources d'impacts et valeur environnementales des éléments du milieu, et évaluation des impacts environnementaux.

#### **XI-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET :**

##### **XI-2-1- Mise en Contexte du projet :**

Le programme de développement du réseau autoroutier de la Wilaya de Mostaganem, consiste à connecter le réseau de la wilaya au réseau national pour assurer l'échange et la fluidité du trafic externe et inter wilaya. L'évolution de trafic, généré par le développement et l'augmentation de l'attraction touristique de la wilaya,

c'est traduit par des congestions sur les axes principaux comme la RN90A, la RN23, la RN11.

La consistance de ce projet sur plan national, fait de lui un projet de priorité. Ce dernier, en combinaison avec d'autres aménagements prévus, permettra l'échange de trafic entre les différentes wilayas du territoire national, engendré par l'autoroute Est – Ouest.

### **XI-2-2- la démarche de L'ÉTUDE :**

L'étude d'impact sur l'environnement de la de la pénétrante fait l'objet d'une démarche logique qui aboutira a un rapport articulé en volets distincts :

- **Volet 1** : un inventaire des données recueillies, la description de l'état initial et éléments pertinents du milieu.
- **Volet 2** : l'analyse des impacts et les contraintes environnementales à prendre en compte.
- **Volet 3** : proposition de mesure d'atténuation des impacts identifiés.

### **XI-2-3- Objectifs et portée de l'étude d'impact sur l'environnement :**

Les objectifs de la présente Étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

### **XI-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES :**

#### **XI-3-1- Identification des impacts :**

L'identification des impacts du projet est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à réaliser.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré- construction, de construction et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

L'identification des impacts se fait sur la base d'une matrice d'interactions.

#### **XI-3-2- Évaluation des impacts :**

L'évaluation de l'importance des impacts environnementaux fait appel à plusieurs paramètres, soit :

- la valeur environnementale du milieu affecté;
- le degré de perturbation ou de bonification;
- l'intensité de l'impact (qui est fonction des deux paramètres précités);
- la durée;
- la mise en œuvre éventuelle de mesures d'atténuation.

### **XI-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES :**

#### **XI-4-1- Mesures d'atténuation particulières :**

##### **❖ Milieu physique :**

- Limiter les interventions sur les sols sensibles à l'érosion, fragiles, en pente ou peu portants. Désigner les aires de circulation à privilégier.
- S'assurer, par un avis géotechnique préalable aux travaux, que le secteur ne risque pas de subir un glissement de terrain pendant et à la suite des travaux.
- N'obstruer en aucun temps le passage de l'eau et s'assurer de la présence d'un canal d'écoulement pour évacuer les crues subites. Tout batardeau doit être conçu

de manière à permettre l'écoulement en tenant compte des débits maximums susceptibles de survenir pendant la période des travaux.

- Implanter des mesures tel l'enrochement (perré) ou l'aménagement de bassins de rétention pour ralentir la vitesse d'écoulement de l'eau et pour protéger la surface des fossés dans les secteurs en pente, particulièrement là où le sol est sensible à l'érosion et dans les zones de mouvement de terrain.

#### ❖ **Milieu biologique :**

- Éviter de rediriger les eaux de ruissellement directement vers les cours d'eau et habitats humides, aménager plutôt des bassins de rétention au sommet des talus afin de limiter l'apport de matières en suspension ou tout autres substances en provenance de la chaussée.
- Durant et après les travaux de construction, s'assurer que les abords de la route de contournement soient bien drainés afin d'éviter la formation de mares stagnantes favorisant la formation de salines.

#### ❖ **Milieu humain :**

- Baliser les infrastructures temporaires ou permanentes (par exemple les zones de déblais, les fossés, etc.) qui présentent un risque d'accident;
- Utiliser une signalisation adéquate, s'assurer d'une vitesse maximale appropriée pour la circulation de la machinerie et des véhicules lourds;
- Prévenir et informer les propriétaires dont le terrain va être modifié lors des travaux;
- Maintenir l'accès aux résidences et aux secteurs utilisés pour des activités récréo-touristiques, de même qu'aux terres en culture durant les travaux.
- Baliser les infrastructures publiques (par exemple les lignes électriques, les réseaux d'AEP et d'assainissement) qui se situent à l'intérieur des aires de travaux ou à proximité.

❖ **Milieu sonore :**

- protéger les résidences touchées à une distance de 40 mètres de l'autoroute (murs anti bruit).

❖ **Milieu visuel :**

- Réaliser les travaux de terrassement des pentes selon les normes et le recouvrement des surfaces à l'aide d'une couche de terre végétale suffisante pour la reprise de la végétation.
- Effectuer des travaux de reboisement à l'aide d'espèces arborescentes et arbustives d'essences variées compatibles avec les usages et fonction de l'infrastructure routière. Si possible, utiliser des espèces représentatives des espèces environnantes et adaptées à la nature et aux taux d'humidité des sols en présence, de même qu'aux embruns salins.

**XI-4-2- Mesures d'atténuation générales :**

- Les chemins d'accès au chantier, aux aires d'entreposage ou à tout autre aménagement temporaire doivent être à au moins 60 m du milieu hydrique;
- Utiliser une machinerie en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement accidentel et l'émission de polluants atmosphériques;
- L'abattage doit être fait de façon à ne pas endommager les arbres et les arbustes à conserver;
- Végéter toutes les surfaces déboisées ou défrichées durant les travaux qui sont situées à l'extérieur de l'emprise de la nouvelle route;
- S'assurer de l'efficacité de la reprise végétale sur une période de 24 mois après la fin des travaux;
- S'assurer que le réseau de drainage ne modifiera pas les conditions hydrologiques des propriétés voisines de l'emprise (assèchement de zones marécageuses ou création de zones d'accumulation d'eau);

- S'assurer que les fossés et les cunettes et descentes d'eau et les ouvrages hydrauliques à des dimensions suffisantes pour évacuer les eaux de ruissellement provenant de l'autoroute et des cours d'eau traversant l'emprise. Pour ce faire, se référer à l'étude hydrologique et hydraulique à installer et leur dimension.

#### **XI-4-3- Mesures applicables :**

##### **❖ Installation et Emplacement des Chantiers :**

###### **➤ Emplacement des Chantiers :**

Les divers emplacements possibles des sites seront situés en zones rurales ou à la périphérie des zones urbaines. L'installation de tels sites à l'intérieur de zones urbaines n'est envisageable que dans les zones industrielles autorisées avec contrôle d'accès approprié. Le choix de l'emplacement du chantier nécessitera une attention toute particulière.

De manière générale, le site devra être situé de telle sorte qu'il permette l'accès aisé :

- aux routes principales existantes,
- aux sites de construction,
- aux infrastructures existantes,

###### **➤ Déversement des Eaux Usées :**

D'une manière générale, il est souhaitable que le chantier soit relié à un système d'égout existant avec l'approbation des services compétents. Cette approbation dépendra du volume des eaux usées, des capacités existantes du système et de l'aptitude du système de traitement et de décharge à traiter le type de déchets prévu.

Lorsque le raccordement à un système existant ne peut être envisagé, il est nécessaire de mettre en place un système autonome de récupération et de décharge des eaux usées. Dans ce cas, il s'agira de choisir le site en fonction des facteurs suivants :

- les conditions souterraines, par exemple pour l'utilisation de fosses septiques,

- le respect des ressources souterraines, en particulier en zones de recharge,
- autres facteurs importants.

➤ **Déversements Accidentels et Fuites :**

Les déversements accidentels et les fuites de produits chimiques entreposés sur les sites représentent une menace sérieuse pour les ressources en eau.

Il convient donc de demander à l'entrepreneur de soumettre à la DTP, l'inventaire des matériaux devant être stockés sur le site, ainsi qu'une évaluation des quantités de matériaux nécessaires périodiquement. Les quantités seront données à titre indicatif.

L'entrepreneur devra s'attendre à des directives qui comprennent des mesures telles que :

- l'identification des matériaux devant être séparés les uns des autres,
- l'utilisation par les employés de vêtements et d'équipements de protection,
- les techniques de manipulation appropriées,
- d'autres mesures de sécurité telles que les systèmes de ventilation et de lutte contre l'incendie.

➤ **Accès :**

L'atténuation des impacts causés par le trafic de construction devrait comprendre :

- le contrôle d'accès,
- le nettoyage de la route,
- la définition des routes et pistes d'accès autorisés.
- Le contrôle d'accès nécessitera la restriction des mouvements tournants aux points d'accès autorisés, ainsi que l'amélioration éventuelle de l'agencement des points de jonction afin d'éviter et réduire les accidents.

Certaines mesures concernant la maintenance de la route d'accès seront nécessaires afin que sa chaussée soit gardée en bon état. Les flaques d'huile, la boue et autres matériaux devront être nettoyés régulièrement.

En plus du programme de contrôle d'accès, l'entrepreneur devra soumettre un programme de maintenance de la route et de signalisation

**XI-5- CONCLUSION :**

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

# CHAPITRE : XII

---

## ETUDE DE STABILITÉ DE TALUS DE DÉBLAI

XII-1- INTRODUCTION

XII-2- CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DE LA REGION  
D'ETUDE

XII-3- SISMICITÉ DE LA REGION

XII-4- DONNEES GEOTECHNIQUES IN SITU ET AU  
LABORATOIRE

XII-5- INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES  
(IN-SITU ET DE LABORATOIRE)

XII-6- CONSTAT DES LIEUX

XII-7- SOLUTION DE CONFORTMENT DE TALUS

XII-8- CALCUL DE STABILITÉ

XII-9- CONCLUSIONS

## **CHAPITRE XII**

### **ETUDE DE STABILITÉ DE TALUS DE DÉBLAI**

#### **XII-1- INTRODUCTION :**

Les glissements de terrain se produisent sous l'action d'un (ou plusieurs) « **facteur déclenchant** » qui rompt l'équilibre, soit au niveau des forces massiques, soit au niveau des forces extérieures, ou au niveau des forces de liaison dans le massif.

Certains de ces facteurs déclenchant sont naturels, tels que séismes, érosions, fluctuation des écoulements hydrauliques, altération, etc.

A l'échelle des travaux de génie civil, l'activité humaine s'ajoute à ces facteurs naturels et constitue fréquemment un facteur essentiel dans la rupture de l'équilibre. L'extension de cette relation à l'ensemble de la courbe de rupture, plane, circulaire ou de forme quelconque, des massifs.

Le but de l'étude pour vérifier la stabilité du déblai situé entre le PK21+160 au PK22+00 et la solution dans notre projet suite à un éboulement qui a eu lieu durant la période hivernale 2017-2018.

#### **XII-2- CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DE LA REGION D'ETUDE :**

La zone étudiée montre les unités fondamentales du domaine, externe de la chaîne alpine en Afrique du Nord. Elles font partie intégrante du domaine tellien très complexe, qui comporte des reliefs à alignement parallèle au littoral. Ces reliefs sont fragiles, sensibles à l'érosion, en raison de leur lithologie où dominent les sables, les marnes et les argiles. Ce sont des massifs typiquement méditerranéens : pas de grandes barrières fluviales et de bassins en serrés entre des massifs montagneux. Plus précisément, notre région d'étude s'intègre paléo géographiquement dans le "Bassin du Bas Chélif". Ce dernier correspond à une cuvette intra- montagneuse développée postérieurement

à la phase de structuration majeure du domaine tellien-segmet de la chaîne alpine d'Afrique du Nord- et qui constitue un bassin tardiorogénique. Leur remplissage a été assuré par une série sédimentaire matérialisée par une grande diversité de faciès (détritique, carbonaté organique et évaporitique) tant en milieu marin ou continental et mesurant 5000 à 6000 m dans les zones les plus subsidentes. Il est étroitement lié à l'orogénèse alpine, ce qui leur confère un caractère intra-montagneux et explique la diversité de leurs dépôts qui reposent généralement en discordance sur un substratum schisto-gréso-calcaire plissé. Le bassin du Bas Chélif occupe une aire de 300Km de long et sur près de 100Km de large entre 1°W et 2°E (Gérard Thomas, 1985 : Thèse de Doctorat ; Bernard Fenet, 1986 : Thèses de Doctorat). Il s'inscrit dans un Quadrilatère limite :

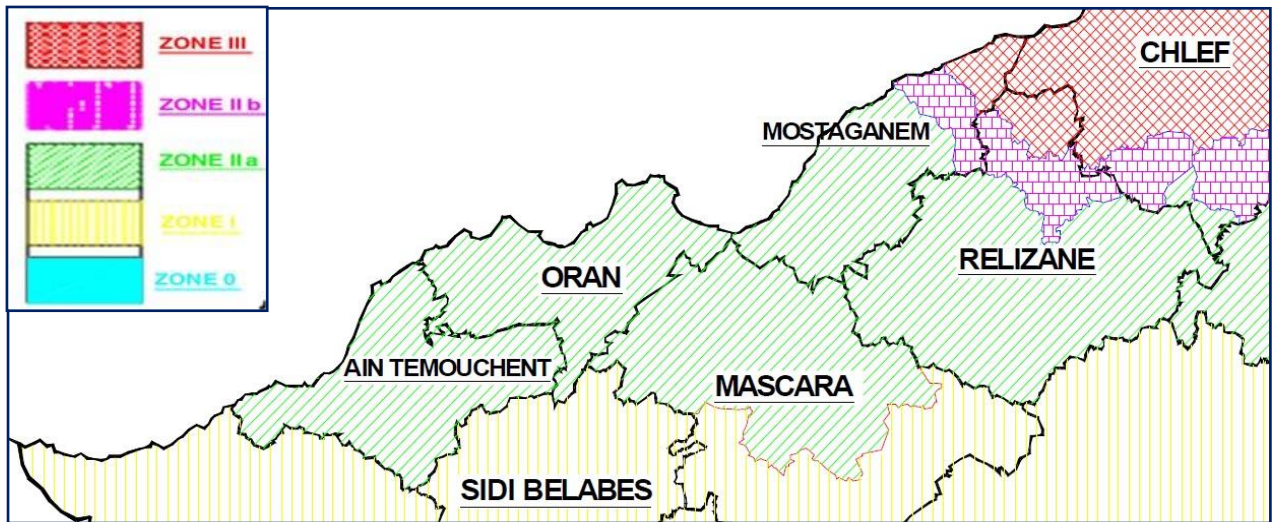


**Figure XII-1 : Position géographique du bassin du bas Chélif.**

- ✓ Au Nord par l'actuelle ligne de rivage ;
- ✓ À l'Est par la terminaison occidentale du Dahra et l'Ouarsenis ;
- ✓ Au Sud par les Hauts Plateaux (Monts de Saïda, Daïa et de Tlemcen) ;
- ✓ A l'Ouest par Oued Tafna.

### **XII-3- SISMICITÉ DE LA REGION :**

D'après le Règlement Parasismique Algérien (algériennes RPA99/version 2003), publié par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, le territoire national a été subdivisé en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies ci-dessous



**Figure XII-2 : Zones de sismicité**

- ◆ **Zone 0** : Région à sismicité négligeable ;
- ◆ **Zone I** : Région à sismicité faible ;
- ◆ **Zone II a ET II b** : Région à sismicité moyenne ;
- ◆ **Zone III** : Région à fort sismicité.

### **XII-4- DONNEES GEOTECHNIQUES IN SITU ET AU LABORATOIRE :**

Dans la phase exécution du projet de réalisation de la pénétrante, un sondage carotté n°SC 6 de 15m de profondeur a été programmé au PK21+650 (zone de déblai, hauteur h=9m) mais n'a pu être réalisé pour difficulté d'accès

A cet effet, notre travail a été basé sur les éléments d'information constitués des pièces suivantes :

- ✓ Etude géotechnique de l'ouvrage d'art PI PK 22+491.570.
- ✓ Rapport d'étude géotechnique de l'APD.
- ✓ Des Profils en travers courants de la zone d'étude.

**XII-4-1- TRAVAUX D'INVESTIGATIONS IN-SITU :**

- Un (01) sondage carotté, n°SC.16 de 20,00m profondeur avec prélèvements d'échantillons intacts et remaniés pour des essais au laboratoire a été réalisé au droit du passage inférieur PI PK22+491.570 en phase d'exécution.
- Un piézomètre a été installé au droit du sondage SC.16 pour suivre et contrôler une éventuelle présence d'eau dans le sol.

**XII-4-2- RESULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE :**

❖ **Identification physique :**

Les essais d'identification physique ont été réalisés sur des échantillons prélevés du sondage et répartis sur différentes profondeurs, dont les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

**Tableau XII-1 : Synthèse des essais d'identification physique en laboratoire**

Nature lithologique/ Caractéristiques géotechniques	Paramètres Physiques						granulométrie		Cisaillement			
	W (%)	$\gamma_d$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_h$ t/m <sup>3</sup>	Sr (%)	WI (%)	IP (%)	<0.08 mm (%)	2 mm (%)	UU		CD	
									C <sub>u</sub> (bar)	$\phi$	C' (bar)	$\phi'$
Sable argileux	17	1.73	2.03	86	-	-	54	100	-	-	-	-
Marne	20	1.71	2.07	100	55	24	99	100	0.72	22	0.74	34

**XII-5- INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES (IN-SITU ET DE LABORATOIRE) :**

❖ **DES ESSAIS IN-SITU :**

D'après les logs de sondage carotté, le sol est constitué essentiellement, en surface, par une alternance de niveaux de sable argileux et tuf calcaire sur une profondeur de 5m. Cette couche repose sur une couche marneuse gris-verdâtre de 10m d'épaisseur.

Deux essais S.P.T (Standard Pénétration Test) ont été réalisés dans le sondage carotté marqués de refus notamment dans la formation en tuf calcaire et sable argileux.

Le piézométrie n'a décelé aucune présence d'eau sur les 20m de profondeur que compte le sondage.

❖ **Des Essais Laboratoire**

- ◆ **Analyse granulométrique :** les essais granulométriques réalisées sur les échantillons remaniés montrent un pourcentage de passants à 80  $\mu$  variant entre 54% et 99%, et les passants à 2mm de 100%, ces résultats montrent que cette formation est à prédominance argilo-limoneuse.
- ◆ **La Densité :** sèches d'échantillon de sable obtenues 1,73t/m<sup>3</sup>, et de la marne de l'ordre de 1,71 t/m<sup>3</sup>, ces valeurs montrent que le sol présente un état du sol dense.
- ◆ **Teneur en eau et saturation :** la teneur en eau de l'échantillon testé (sable et de la marne) varie entre 17% et 20 %, par ailleurs les valeurs des degrés de saturation varient entre 86% et 100% ce qui indiquerait un sol moyennement humide.

Les résultats obtenus par **les essais de cisaillement à la boîte de CASAGRANDE**, de type non consolidé-non drainé (UU), donnent des valeurs de la cohésion variant entre 0,74 et 1,64 bars, indiquant un sol à cohésion très raide. L'angle de frottement interne ( $\phi$ ), donne une valeur moyenne allant de 22 jusqu'à 32°. Les résultats obtenus par les essais de type consolidé-drainé (CD), donnent des valeurs de cohésion variant entre 0,74 et 1,06 bars, et d'angle de frottement interne de 31et 34°.

- ◆ **Plasticité :** les résultats des limites d'Atterberg (sur échantillon de marne) ont donné un indice de plasticité de l'ordre de 24% pour WL de 55% ces résultats indiquent que la fraction fine du sol est très plastique.

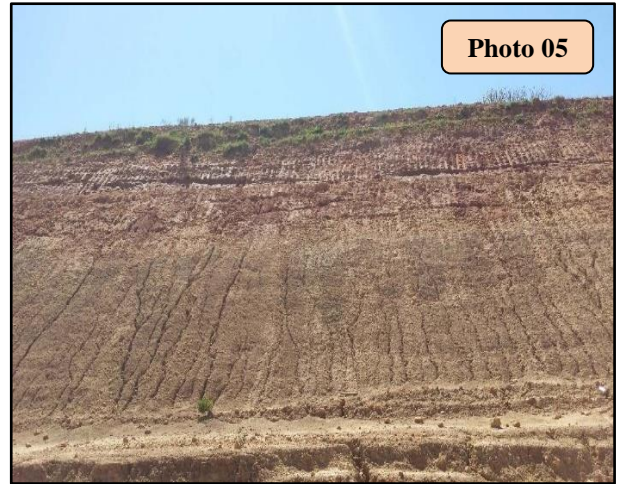
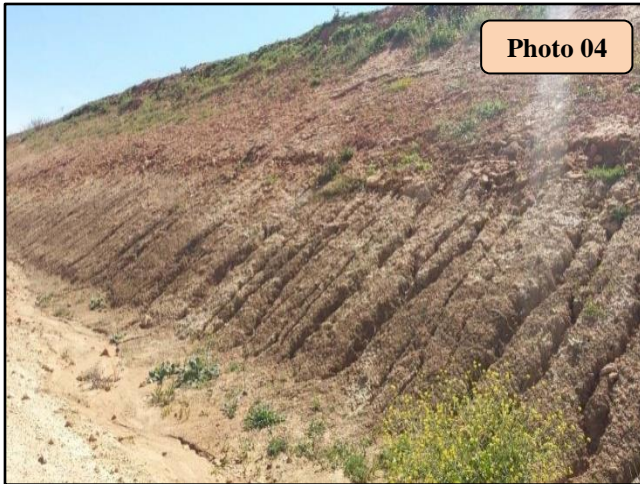
**XII-6- CONSTAT DES LIEUX :**

Suite à une visite de site ayant lieu le 05 avril 2018 au droit de la zone de déblai entre le PK 21+160 au PK 22+000, il a été constaté ce qui suit :

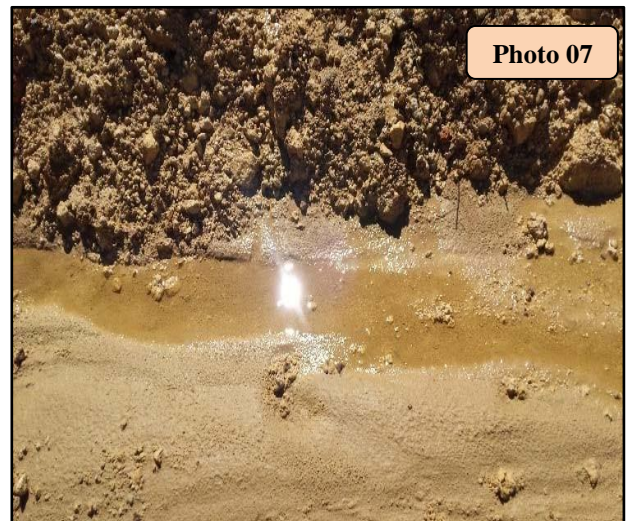
- ✓ Signes d'instabilité tout le long du talus de côté droite (Affaissements, ravinement, dégradation de la couche superficielle...etc.),
- ✓ Absence de système de drainage des eaux de ruissellement en amont et en aval du talus.



**Photos 01-02-03 :** Des signes de glissement au droit la couche d'argile.



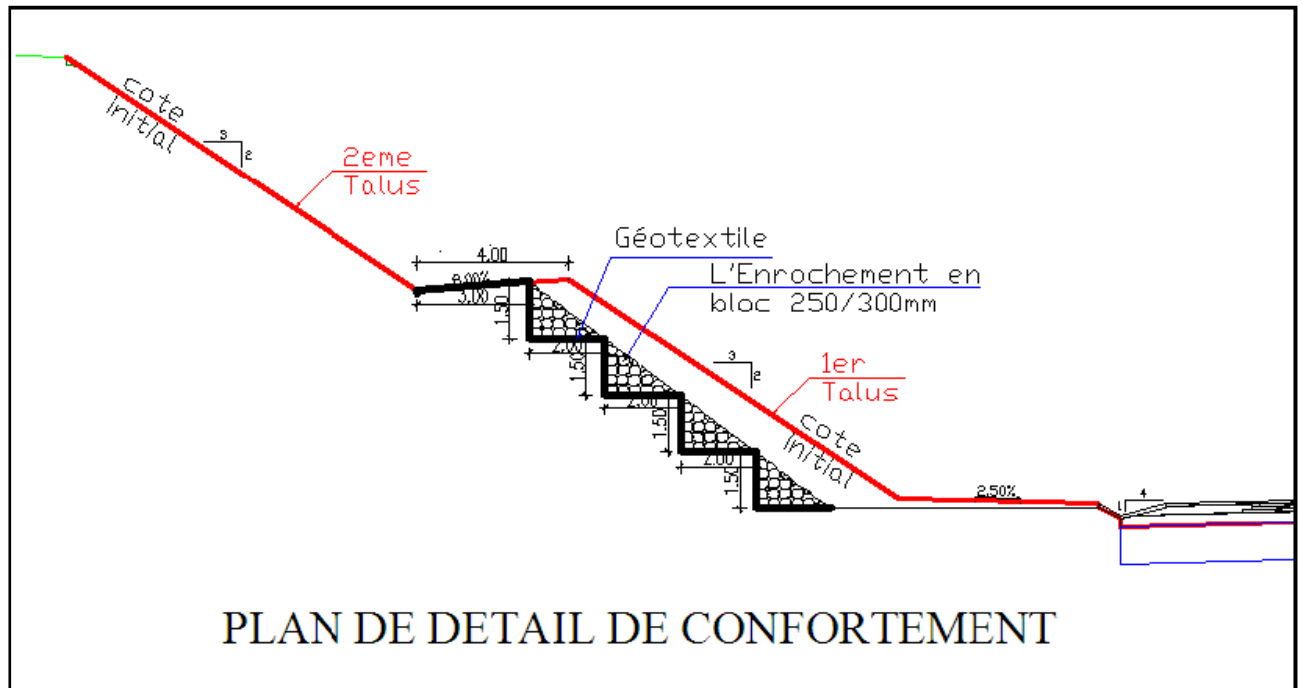
**Photos 04-05 : Ravinement observés au niveau du talus et Absence de système de drainage.**



**Photos-6 et 7 : Stagnation d'eau au pied de talus.**

## **XII-7- SOLUTION DE CONFORTEMENT DE TALUS :**

Comme solution de confortement, nous avons étudié la possibilité de reprofiler le talus, niveau 1 (1er talus sur la figure ci-dessous) en décaissant la couche glissé et réalisé des redans successifs, de dimension (1,5V et2H), la pente de tous les redans 27°, et la recharge du talus par des blocs de 250/300 mm.



**Figure XII-3 : Schéma explicatif du reprofilage**

La stabilité du talus n'est assurée que si les eaux et les pressions interstitielles sont gérées correctement par la mise en œuvre d'un masque drainant, et il aura également le rôle de protéger la couche d'argile.

### **❖ Les travaux se déroulent de la manière suivante :**

- ✓ Décaisser le talus jusqu'à une épaisseur moyenne de 1 m.
- ✓ Réalisation des redans de dimensions (1,5V/2H) sur toute la surface du 1er talus, largeur de la brème sera réduite de 4m à 3m.
- ✓ Mise en œuvre d'un géotextile anti contaminant (filtre) sur tous les redans (1er talus).

- ✓ Mise en œuvre de l'enrochement en bloc de 250 à 300 mm, bien serrés (reposant éventuellement sur un géotextile).

### **XII-8- CALCUL DE STABILITÉ:**

Les conditions de stabilité ont été évaluées par l'analyse des surfaces de glissement. L'analyse selon la méthode simplifiée de Bishop a été effectuée en utilisant le Logiciel TALREN version 5.0.2. La surface de glissement la plus critique de hauteur (H=11.71m), a été obtenue en déterminant la surface dotée du coefficient de sécurité minimal parmi une série de surfaces de glissement probables.

#### **❖ Les calculs ont été effectués avec les paramètres suivants :**

Le calcul de stabilité de talus a été effectué en considérant la pente de premier talus 27°.

La stabilité a été analysée sous conditions statiques et aussi vérifiée sous des conditions sismiques. Selon les « Règles Parasismiques Algériennes, RPA 99 », la valeur de l'accélération horizontale d'après la carte de zonage sismique du territoire national est de  $A_n=0.2$ . Par conséquent, la stabilité contre le glissement sous conditions sismiques a été évaluée en considérant une accélération horizontale égale à la moitié de cette valeur, ( $K_h = 0.1$  et  $K_v=0.3K_h=0.03$ ).

#### **❖ Surcharges prises en compte :**

Il sera considéré une surcharge estimée à 20 kPa, appliquée sur la chaussée.

#### **❖ Propriétés géotechniques du sol :**

Suite à la dégradation des couches en place et l'absence d'une investigation géotechnique au droit du talus étudié, il a été exploité les résultats des essais mécaniques C et du SC-16 de PK22+491, et aussi par mesure de sécurité on a multiplié les paramètres mécaniques de la couche d'argile par 2/3.

**Tableau XII-2 : Propriétés géotechniques du sol.**

Type du sol	$\gamma(KN/m^3)$	$C(kPa)$	$\phi(^{\circ})$
Sable argileux	20	12	30
Marne	21	48	14

**Sable argileux :** Estimation de la Cohésion et angle de frottement ( $C$  ; ) en fonction de  $PI^*$  (Amar et Jézéquel, 1972).

$$\text{Sable} \rightarrow \left. \begin{array}{l} PI^* \leq 0,95 \\ PI^* \geq 0,95 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \phi' = 5,8PI^* + 29,4 \\ \phi' = 1,7PI^* + 33,7 \end{array} \left| \begin{array}{l} C' = 36,7 - 0,8\phi' \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} PI=213kpa \\ PI^*=153kpa \end{array} \right\} \rightarrow (C'=12.4pa / \phi'=30.28)$$

❖ Les facteurs de sécurité globaux à prendre en considération selon le référentiel technique sont les suivants

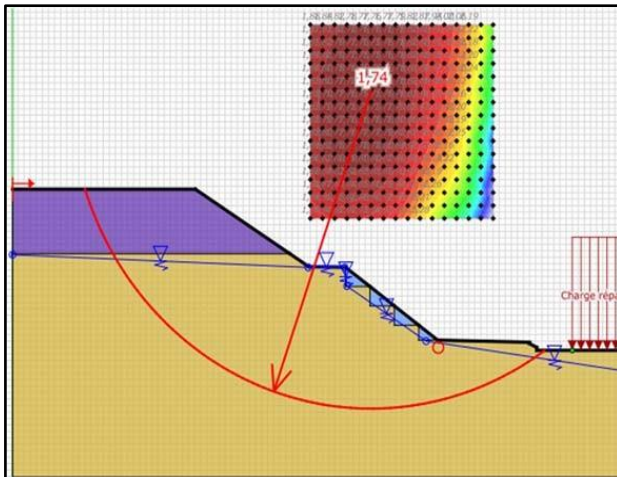
**F > 1,5** pour la stabilité statique à court terme.

**F > 1** pour la stabilité accidentelle.

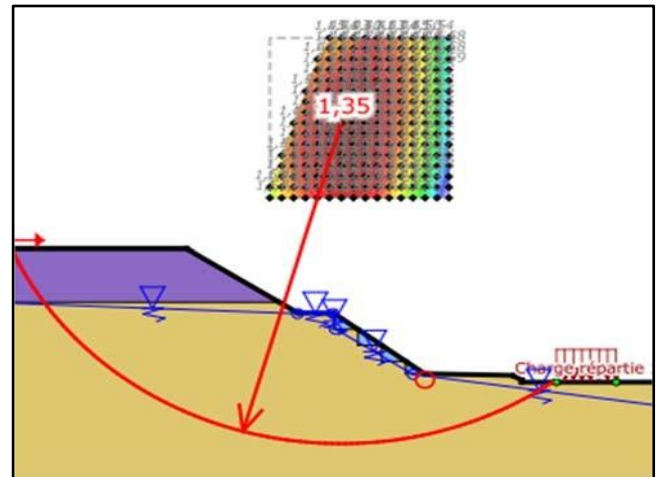
➤ **Les résultats de calcul de stabilité**

**Tableau XII-3 : Propriétés géotechniques du sol.**

Phasage	$F_s$ (facteur de sécurité)
Statique	1,74
Accidentelle	1.35



**Figure XII-4 : PHASE STATIQUE**



**Figure XII-5 : PHASE ACCIDENTELLE**

Sur la base des résultats géotechniques obtenus, au regard des calculs de stabilité effectués, il ressort que le talus réalisé est stable.

### **XII-9- CONCLUSION :**

Sur la base des données géologiques et des résultats géotechniques obtenus, nous concluons que la zone de déblai entre PK 21+160 au PK 22+00 de projet « Réalisation de la liaison autoroutière reliant Mostaganem à l'autoroute Est- Ouest »

**De point de vue géologique :** le terrain est constitué essentiellement par une alternance de niveaux de sable argileux et tuf calcaire cette couche repose sur une couche marneuse gris-verdâtre d'épaisseur moyenne de 8 à 10m d'épaisseur.

#### **❖ Les causes principales de l'instabilité du talus sont :**

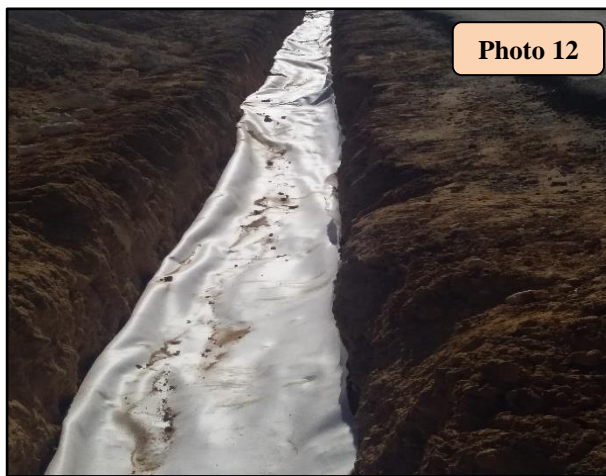
- ✓ Absence de système de drainage en amont et en aval des talus de déblai,
- ✓ L'exposition des talus aux variations climatiques se traduit par la réduction des caractéristiques mécaniques du sol (cohésion, angle de frottement) et donc réduction de la résistance au cisaillement.

❖ **Recommandations :**

- ✓ Reprofilage des talus dégradés (1er talus), et réalisation des redans réguliers de dimension 1.5V/2H après recharge du talus par enrochement de 250mm/300mm, reposant sur le géotextile. **(Voir photos 08-09)**
- ✓ Réalisation de fossés en pied du talus.
- ✓ Réalisation du drainage profond. **(Voir photos 10-11-12-13-14).**



**Photos 08-09 :** Reprofilage des talus dégradés (1er talus), et réalisation des redans réguliers de dimension 1.5V/2H



**Photos 10-11-12-13-14 :** Réalisation du drainage profond.

# CHAPITRE : XIII

---

## DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)

## **CHAPITRE XIII**

### **DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)**

**Tableau XIII-1 : Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)**

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
Installation et repliement de chantier	FT	FT	FT	FT
<b>TRAVAUX PREPARATOIRES</b>				
Débroussaillage, Evacuation de blocs rocheux et nettoyage de l'emprise	HA	25,820	980 000,00	25 303 600,00
<b>TERRASSEMENT ET COUCHE DE FORME:</b>				
Décapage de terre végétale	m <sup>3</sup>	39 710,540	280,00	11 118 951,20
Déblais meuble mis en remblai	m <sup>3</sup>	434 498,050	590,00	256 353 849,50
Déblais meuble mis en dépôt	m <sup>3</sup>	161 355,524	425,00	68 576 097,70
<b>ASSAINISSEMENT, RESEAUX ET PROTECTION HYDRAULIQUE:</b>				
fossés trapézoïdale non revêtu de type A	ml	7 823,54	680,00	5 320 007,20
Bétonnage de fossé type A	ml	7 823,54	6 600,00	51 635 364,00
Cunette triangulaire dissymétrique en béton armée (largeur 1,80 m, profondeur 0,30 m)	ml	2 200,00	4 800,00	10 560 000,00
<b>CHAUSSEE:</b>				
Grave non traité (GNT A0/31,5)	m <sup>3</sup>	2 826,650	2 900,00	8 197 285,00
Enrobé à module élevé(EME2)	Tonne	61 436,950	7 900,00	485 351 905,00
Couche de roulement en béton bitumineux module élevé (BBME 0/10)	Tonne	14 689,230	8 450,00	124 123 993,50
Couche d'imprégnation	m <sup>2</sup>	108 254,23	100,00	10 825 423,00
Couche d'accrochage	m <sup>2</sup>	170 400,18	60,00	10 224 010,80
<b>DISPOSITIF DE RETENU EN BETON:</b>				
Barriere en béton extrudé de type GBA	ml	7 823,54	6 000,00	46 941 240,00
Barriere en béton extrudé de type DBA	ml	5 011,77	7 500,00	37 588 275,00
<b>SIGNALISATION HORIZONTALE:</b>				
SIGNALISATION HORIZONTALE	ml	30 070,62	590,00	17 741 665,80
Montant HT				<b>1 169 861 667,70</b>
TVA 19%				<b>222 273 716,86</b>
<b>Montant TTC</b>				<b>1 392 135 384,56</b>

**Le montant total est : Un milliard trois cents quatre-vingt-douze millions cent trente-cinq mille trois cents quatre-vingt-quatre dinars et cinquante-six centimes.**

# CHAPITRE : XIV

---

## CONCLUSION

### XIV- CONCLUSION

## **CHAPITRE XIV**

### **CONCLUSION**

#### **XIV- CONCLUSION :**

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant divers projets importants à savoir dans le domaine des travaux publics.

Un de ces projets d'aménagement, est la réalisation d'une pénétrante qui relie Mostaganem à l'autoroute est-ouest, qui est elle-même considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie.

Ce projet de grande envergure, a permis à la willaya de Mostaganem de bénéficier de beaucoup d'avantages dont on peut citer :

#### **❖ Du point de vue économique :**

- ✓ Ça permet des échanges commerciaux entre les willayas limitrophes.
- ✓ Relie le port de Mostaganem et la zone industrielle de SIDI KHATAB ainsi que l'autoroute EST-OUEST (gain de temps et distance).

#### **❖ Du point vue touristique :**

- ✓ La willaya de Mostaganem va réceptionner un nombre important d'estivants et par là, augmente l'activité du côté commercial (plus de rentrés financières)

❖ **Du point vue sécurité routière :**

- ✓ Désengorger la circulation et réduire au maximum le taux accidents (sens unidirectionnelles ; avec de grands rayons)

Enfin nous signalons que pour notre étude, on a respecté toutes les normes routières qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises.

# BIBLIOGRAPHIE

---

- Normes techniques d'aménagement des routes « B40 »
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Les cours de routes d'université de Mostaganem (Mr. HIMOURI.S  
– BOUHAMMOU.N, TALIA.A).
- Instruction sur les constructions techniques.
- Signalisation routière.
- Ancienne mémoire de fin d'étude (Encadré par :BOUHALLOUFA.A  
, Présenté par : MAHI.M.A , Promotion 2019)
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagements des  
Autoroutes de liaisons (I.C.T.A.A.L) 1985, 2000.
- Aménagement des routes principales (SETRA).

- Projet de construction des routes (SETRA)
- Conception géométrique des routes (SETRA).
- EYROLLS topographie.
- Logiciel COVADIS.