



N° d'ordre : M...../GCA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie civil

Spécialité : Voiries et Ouvrages d'art (VOA)

Thème

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER
SUR 4.8 KM DU PK17+300 AU PK22+100 DU LOT 1
DE LA 4^{ème} ROCADE D'ALGER (KHEMIS MILIANA - BERROUAGHIA)**

Présenté par :

- **Mr. BELGHIT Mohamed**

Soutenu le 21 / 06 / 2022 devant le jury composé de :

- Président : **Mr. KERAOUTI Rabah**
- Examineur: **Mr. TALIA Ahmed**
- Encadrant : **Mr. BOUHALOUFA Ahmed**
- Co-Encadrant: **Mr. CHERIF Mourad**
- Invité d'honneur : **Mr. BOUARFA Zohir**

Année Universitaire: 2021 / 2022

السراء

باوئ في براء، أود أن أشكر الله القدير،

أهدي هذا العمل المتواضع:

إلى روح أبي الراحل. رحمه الله.

إلى والدي العزيزة التي وقفت بجانبني في الأوقات الصعبة، حفظها الله لي.

إلى زوجتي العزيزة وأولادي عبد الحق وصلاح الدين ومنى ومريم.

إلى إخوتي وأخواتي الأعزاء وأبنائهم ولكل عائلتي.

إلى السادة: شريف مراد وبوخلوفة أحمد.

إلى كل أصدقائي: لخضر، عبد المجيب، بوكريتا أحمد...

إلى كل أحبائي؛

أهدي هذا العمل للتعبير عن امتناني وتقديري لهم.

بلغيث محمد

Dédicaces

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu Tout Puissant,

Je dédie ce modeste travail :

*A l'âme de mon bien-aimé, mon défunt père. Que Dieu était pété de vous et
faites de votre demeure le paradis.*

*A ma très chère mère qui a su être à mes côtés dans les moments difficiles,
que dieu les gardes pour moi.*

*A ma chère épouse et à mes enfants Abdelhak, Salah Eddine, Mouna
et Meriem*

A mes chers frères et sœurs et leurs enfants et à toute ma famille

A Messieurs : CHERIF Mourad et BOUHALLOUFA Ahmed.

A tous mes amis : Lakhdar ; Abd elmoudjib ; BOUKRITA Ahmed...

A tous ceux qui me sont chers ;

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

BELGHIT MOHAMMED

Remerciement

Je remercie, en premier lieu, mon dieu qui a bien voulu me donner la force pour effectuer le présent travail.

En second lieu, je tiens à adresser mes remerciements à :

Mes encadreur Mr. CHERIF Mourad et Mr. BOUHALOUFA Ahmed pour son aides et ses conseils.

Plus particulièrement aux membres des jurys :

Monsieur : KERAOUTI Rabah

Monsieur : TALIA Ahmed

Monsieur : BOUARFA Zohir

Et aux respectueux enseignants des départements de Génie Civil et Travaux Publics.

Et à tous les étudiantes et étudiants de Génie Civil et Travaux Publics.

Enfin, à tous les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce modeste travail.

SOMMAIRE

CHAPITRE I: PRESENTATION DU PROJET	1
I.1. INTRODUCTION :	1
I.2. CATEGORIES DE LA ROUTE :	2
I.3. PRESENTATION DU PROJET :	3
I.3.1. PRESENTATION WILAYA D'AIN defla.....	3
I.3.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :	3
I.3.1.2. LE RELIEF :	3
I.3.1.3. LE CLIMAT :	3
I.3.1.4. INFRASTRUCTURE DE BASE :	3
I.4. OBJECTIF DE PROJET :	5
CHAPITRE II: TRACE EN PLAN.....	6
II.1. INTRODUCTION :	6
II.2. TRACE EN PLAN :	6
II.2.1. Définition du tracé en plan :	6
II.2.2. Règles à respecter dans le trace en plan :	7
II.2.3. Les éléments de tracé en plan :	8
II.3. ETUDE DES VARIANTES :	10
II.3.1. Détermination des coordonnées des sommets :	10
II.3.2. Calcul de la variante N° 01 :	12
II.3.3. Calcul de la variante N°02.....	21
CHAPITRE III: LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES.....	25
III.1. COURBE DE RACCORDEMENT :	25
III.1.1. Type de courbe de raccordement :	26
III.1.2. raccordement progressif :	26
III.1.2.1. Introduction :	26
III.1.2.2. Eléments d'une clothoïde :	27
III.2. DEVERS :	33
III.2.1. Devers en alignement :	33

III.2.2. Devers vers l'intérieur des courbes :.....	33
III.2.3. Détermination des dévers aux rayons en plan :.....	34
CHAPITRE IV: PROFIL EN LONG.....	36
IV.1. DEFINITION :.....	36
IV.2. LIGNE PROJET :.....	36
IV.2.4. Eléments constituant la ligne rouge :.....	37
IV.3. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :	41
CHAPITRE V: CINEMATIQUE	43
V.1. LES PARAMETRES CINEMATIQUES :	43
V.1.1. Distance de freinage.....	43
V.1.2. Temps de réaction.....	44
V.1.3. Distance d'arrêt :	44
V.1.4. Distance de perception :	46
V.1.5. Distance de sécurité entre deux véhicules :	47
V.1.6. Manœuvre de dépassement :	49
CHAPITRE VI: ETUDE DU TRAFIC	51
VI.1. INTRODUCTION :	51
VI.2. ANALYSE DU TRAFIC :	51
VI.3. DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :	52
VI.4. MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC :	52
VI.4.1. Prolongation de l'évolution passée :.....	53
VI.4.2. Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques :	53
VI.4.3. Modèle gravitaire :	53
VI.4.4. Modèle de facteurs croissance :	53
VI.5. CALCUL DE LA CAPACITÉ :	54
VI.5.1. Définition de la capacité :	54
VI.5.2. Détermination de nombre de voies :	54
VI.5.3. Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon :	55
CHAPITRE VII: PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES	60
VII.1. DEFINITIONS :	60
VII.2. PROFIL EN TRAVERS TYPE :	60
VII.3. LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE :	61

VII.4. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :	62
VII.5. PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :	63
VII.5.1. La chaussée :	64
VII.5.1.1. Définition :	64
VII.5.1.2. Les différentes catégories de chaussée :	65
VII.6. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :	66
VII.6.1. Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):	67
VII.6.2. Méthode A.A.S.H.O :(American Association of State Highway Officials):	68
VII.6.3. Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :	68
VII.6.4. Méthode du catalogue des structures :	69
VII.6.4.1. Détermination de la classe de trafic	69
VII.6.4.2. Détermination de la classe du sol :	70
VII.6.5. La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :	70
VII.6.6. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :	71
VII.6.6.1. La démarche du catalogue :	71
VII.7. CUBATURE :	73
VII.7.1. DEFINITION :	73
VII.7.2. Méthode de CALCUL :	73
CHAPITRE VIII: ASSAINISSEMENT	75
VIII.1. INTRODUCTION :	75
VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :	76
VIII.3. DEFINITIONS :	76
VIII.4. METHODES THEORIQUE DE CALCUL DES DEBITS :	78
CHAPITRE IX: SIGNALISATION	82
IX.1. INTRODUCTION :	82
IX.2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :	82
IX.3. CATEGORIES DE SIGNALISATION :	82
IX.4. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :	83
IX.5. TYPES DE SIGNALISATION :	84
IX.5.1. SIGNALISATION VERTICALE :	84
IX.5.2. SIGNALISATION HORIZONTALE :	86

IX.6. CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES :	91
CHAPITRE X: IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	92
X.1. INTRODUCTION :	92
X.2. la démarche de L'ÉTUDE :	92
X.3. Objectifs et portée de l'étude d'impact sur l'environnement :	93
X.4. ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES :	93
X.4.3. Identification des impacts :	93
X.4.4. Évaluation des impacts :	93
X.5. MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES :	94
X.5.5. Mesures d'atténuation particulières :	94
X.5.6. Mesures d'atténuation générales :	95
X.5.7. Mesures applicables :	96
X.6. CONCLUSION :	98
CHAPITRE XI: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)	99
CONCLUSION	100

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des sommets variante N°01	12
Tableau 2 : Gisements, angles au centre et distances variante N° 01	12
Tableau 3 : Calcul des paramètres de raccordement au centre variante N°01	13
Tableau 4 : Calcul des Déclivité cumulés variante N°01	14
Tableau 5 : Type de topographie.....	14
Tableau 6 : Sinuosité	15
Tableau 7 : Tableau d'Environnement de la route	15
Tableau 8 : Vitesse de référence	16
Tableau 9 : Dévers	16
Tableau 10 : Valeur du coefficient ft.....	17
Tableau 11 : Valeur du coefficient "F"	17
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques	17
Tableau 13 : Récapitulatif des rayons en plan	18
Tableau 14 : Les rayons en plan selon B40	18
Tableau 15 : Tableau de cubature approchée de la variante 01.....	19
Tableau 16 : Coordonnées des sommets variante N°02.....	21
Tableau 17 : Gisements, angles au centre et distances variante N°02	21
Tableau 18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre variante.....	21
Tableau 19 : calcul des déclivités cumulés variante N°02	22
Tableau 20 : Tableau de cubature approchée de la variante 02.....	23
Tableau 21 : Tableau comparatif entre les variantes 01 et 02	24
Tableau 22 : Paramètres de clothoïde	32
Tableau 23 : Devers en fonction de l'environnement.....	34
Tableau 24 : Rayons convexes (Cat2, V100)	40
Tableau 25 : Rayons concaves (Cat2, V100).....	41
Tableau 26 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.....	43
Tableau 27 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	49
Tableau 28 : Paramètres fondamentaux	50
Tableau 29 : Valeurs du coefficient P	56

Tableau 30 : Valeurs de K1 en fonction de l'environnement	57
Tableau 31 : Valeurs de K2 en fonction de l'environnement	57
Tableau 32 : Valeurs de capacité théorique	57
Tableau 33 : Coefficient d'équivalence des matériaux	68
Tableau 34 : Classe de trafic	69
Tableau 35 : Classe de sol	70
Tableau 36 : Epaisseur du corps de chaussée	72
Tableau 37 : Coefficient de ruissellement	79
Tableau 38 : valeurs des intensités obtenues en mm/h	80
Tableau 39 : Dimensions des ouvrages hydrauliques	81
Tableau 40 : Caractéristiques des lignes discontinues	87
Tableau 41 : Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)	99

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de Réseau routier de la wilaya d'Ain Defla.....	4
Figure 2: localisation du projet.....	5
Figure 3 : Les éléments d'un tracé en plan	8
Figure 4: Détermination de l'angle au centre	10
Figure 5 : éléments d'un clothoïde.	27
Figure 6 : clothoïde.	27
Figure 7 : Distance d'arrêt et de freinage.....	45
Figure 8 : Distance de perception	46
Figure 9 : Espacement entre deux véhicules	48
Figure 10 : Les éléments d'une route.....	61
Figure 11 : Structures de chaussée.	65
Figure 12 : démarche du catalogue.....	71
Figure 13 : Corps de chaussée	72
Figure 14 : Surfaces de cubature	74
Figure 15 : Valeurs du coefficient de rugosité.....	81
Figure 16: Signaux de danger	84
Figure 17 : Signaux d'Interdiction.....	85
Figure 18 : Signaux d'Obligation	85
Figure 19 : Types de modulation de lignes discontinues.....	87
Figure 20 : Flèche de Signalisation 1	88
Figure 21 : Flèche de Signalisation 2.....	89
Figure 22 : Flèche de Sélection 3	90

ملخص

نظرا لزيادة الحركة المرورية وارتفاع عدد المركبات وكثرة الحوادث في الطريق السيار شرق غرب وذلك خاصة عند الاقتراب من العاصمة مما دفع الى إنشاء طريق سيار إجتنابي رابع للعاصمة إنطلاقا من خميس مليانة الى برج بوعريريج تفاديا لازدحام الحركة المرورية في المناطق الوسطى خاصة بالنسبة للمركبات المتوجهة من شرق البلاد الى غربها. تطرقنا لدراسة جزء من هذا الطريق السيار الرابط بين خميس مليانة والبرواقة بين النقطتين ن.ك 17 + 300 و ن.ك 22 + 100 على مسافه 4.8 كلم.

تضمنت هذه الدراسة المراحل التالية:

- دراسة أوليه ملخصه واقتراح متغيرين.
- دراسة المتغير المختار رقم اثنان(2) والمتمثلة في الخصائص الهندسية والحركية.
- تقييم تكلفة المشروع.

Résumé

En raison de l'augmentation du trafic, de l'augmentation du nombre de véhicules et du grand nombre d'accidents sur l'autoroute est-ouest, notamment à l'approche de la capitale, ce qui a entraîné la mise en place d'une quatrième rocade d'Alger, à partir de Khemis Miliana à Bordj Bou Arreridj pour éviter les embouteillages dans les régions centrales, notamment pour les véhicules circulant de l'est du pays vers l'ouest.

Nous avons étudié une partie de cette autoroute reliant Khemis Miliana et Berrouaghia, entre les points PK17+300 et PK22+100, à une distance de 4,8km.

Cette étude comprenait les étapes suivantes :

Une étude préliminaire, un résumé et une proposition de deux variables.

- Étudier la variable choisie, (les propriétés géométriques et cinétiques)
 - Évaluation des coûts du projet.
-

Abstract

Due to the increase in traffic and the high number of vehicles, the East-west highway, consequently, witnesses a large number of accidents. Especially, when approaching the capital, which urged the establishment of a fourth bypass highway to the capital, starting from Khemis Miliana to Bordj Bou Arreridj to avoid traffic congestion in the central regions, especially for vehicles heading from the East of the country to its Western part.

We studied a part of this highway linking Khemis Miliana and El Barouga between the points PK 17 + 300 and PK 22 + 100 at a distance of 4.8 km.

This study includes the following stages:

A preliminary summarised study, and a proposal for two variables.

- Studying the chosen variable number two (2), which is the geometric and kinetic properties.
 - Project cost assessment.
-

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 au plusieurs voies, devant résister aux efforts statique 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 :

- a- Du point de vue administratif : d'après l'appartenance du maniable.
- b- 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 :

- Réservée 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 :

A- 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, ...)

B- 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 composites :

Catégorie 1: Liaison entre les grands centres économiques et les centres industriels lourds 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 D'AIN DEFLA

I.3.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La wilaya d'Aïn Defla est située au centre du pays à 145 km au Sud-Ouest d'Alger dans une zone reliant l'Est et l'Ouest du pays elle est délimitée :

- Au Nord par les Wilayas de Tipaza ;
- Au Nord-est par la Wilaya de Blida ;
- A l'Est par la Wilaya de Media ;
- Au Sud par les Wilayas de Tissemsilt ;
- A l'Ouest par la Wilaya de Chlef.

I.3.1.2. LE RELIEF :

La wilaya d'Aïn Defla est une wilaya montagneuse qui fait partie intégrante de la région du Tell, elle est formée par le massif de la Dahra au nord qui culmine au mont Zaccar (1 550 m) au nord de Miliana, par l'Ouarsenis qui culmine au mont Achaouen près de 1 800 m au sud-est de Tarik ibn ziad, et la vallée de Chellif entre les deux massifs les vallées

I.3.1.3. LE CLIMAT :

Le climat de la wilaya d'Aïn Defla est de type méditerranéen semi-aride, avec un caractère de continentalité très marqué. La pluviométrie varie entre 500 et 600 mm/an.

I.3.1.4. INFRASTRUCTURE DE BASE :

A- RESEAU ROUTIER :

- Autoroutes Est-Ouest : 104 km.
- Routes Nationales : 311 km.
- Chemins de WILAYA : 795 km.

- Chemins communaux : 1856 km.

B- RESEAU FERROVIAIRE :

- Longueur du réseau : 92km.
- Nombre de lignes : 6
- Nombre de gares : 8

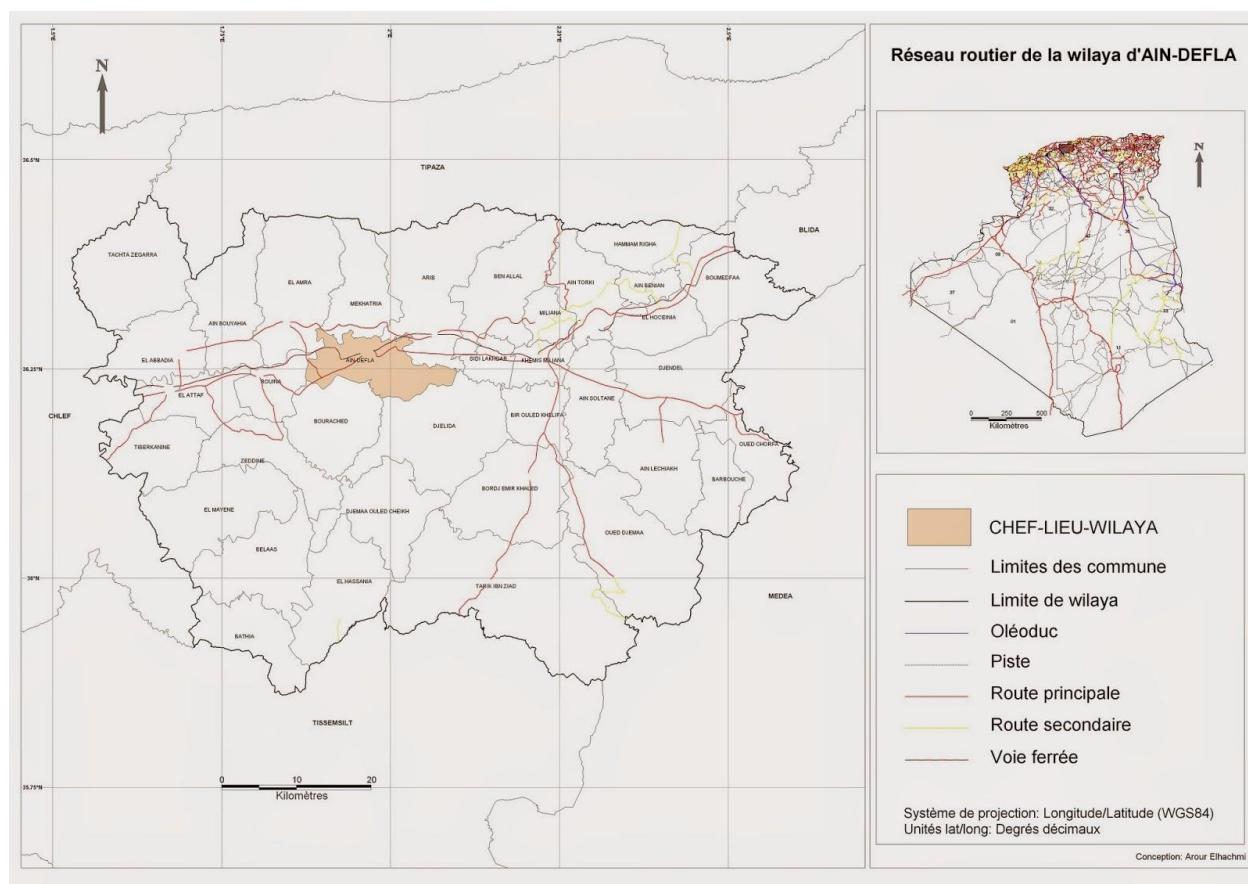


Figure 1: Carte de Réseau routier de la wilaya d'Ain Defla

I.4. OBJECTIF DE PROJET :

La 4e Rocade d'Alger qui passe à près de 80 km au sud de la capitale algérienne est une autoroute qui doit permettre la traversée du pays d'ouest en est sans passer par l'agglomération algéroise. Cette autoroute fait partie des principaux axes structurants du schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025.

La 4ème rocade d'Alger s'étend sur une distance de 300 km, allant de Aïn Defla jusqu'à la wilaya de Bordj Bou-Arréridj où elle rejoint l'autoroute Est-Ouest, en passant par Médéa, Bouira et M'sila tout en contournant Alger.

Concernant les travaux du projet de 4e Rocade d'Alger est divisé sur trois (03) lots.

Dans notre projet de fin d'étude on a étudié un tronçon de (4.8 kms) du PK 17+300 au PK 22+100 du lot 1 reliant Khemis Miliana et Berouaghia, ce dernier est divisé en deux tronçons.

- **Tronçon 1 :** traversant la wilaya d'Ain Defla sur 24 km,
- **Tronçon 2 :** traversant la wilaya de Médéa sur 43 km.

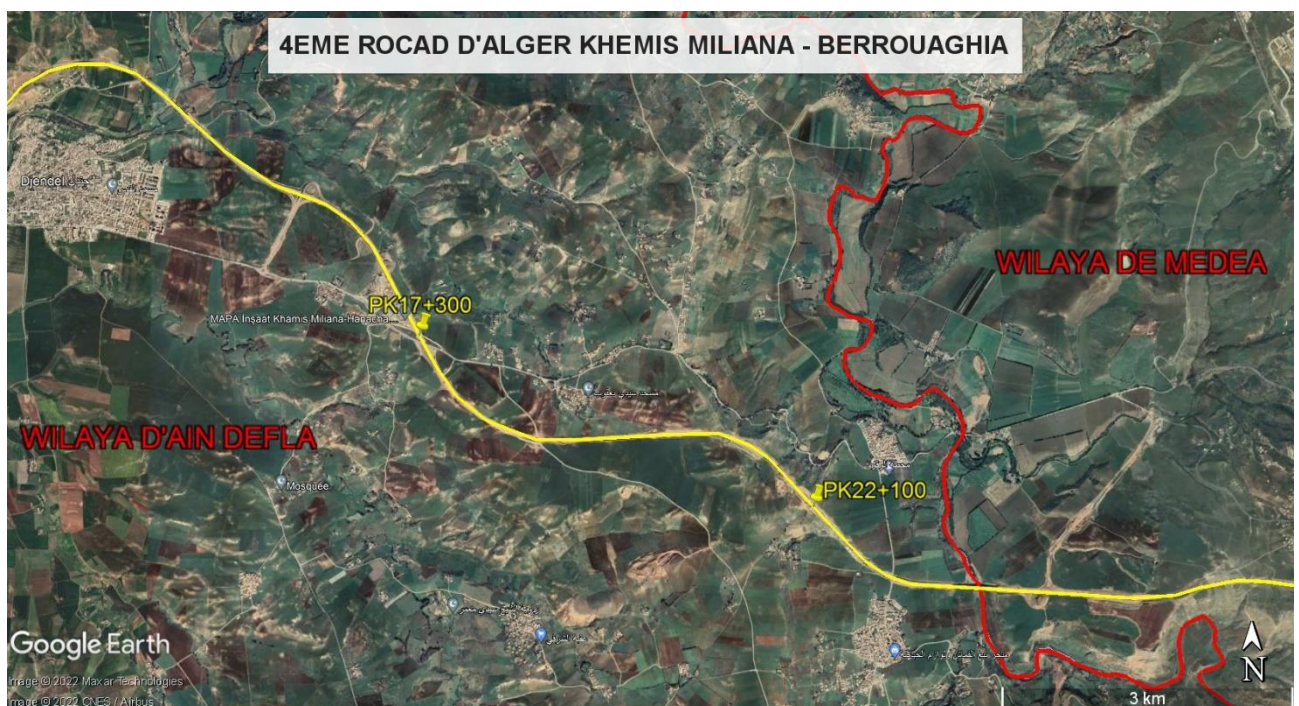


Figure 2: localisation du projet

CHAPITRE II: **TRACE EN PLAN**

II.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'emploi de rayons supérieurs ou égaux à R_{Hnd} 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

II.2. TRACE EN PLAN :

II.2.1. DEFINITION DU TRACE EN PLAN :

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.

II.2.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE 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).

II.2.3. LES ELEMENTS DE TRACE 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 :

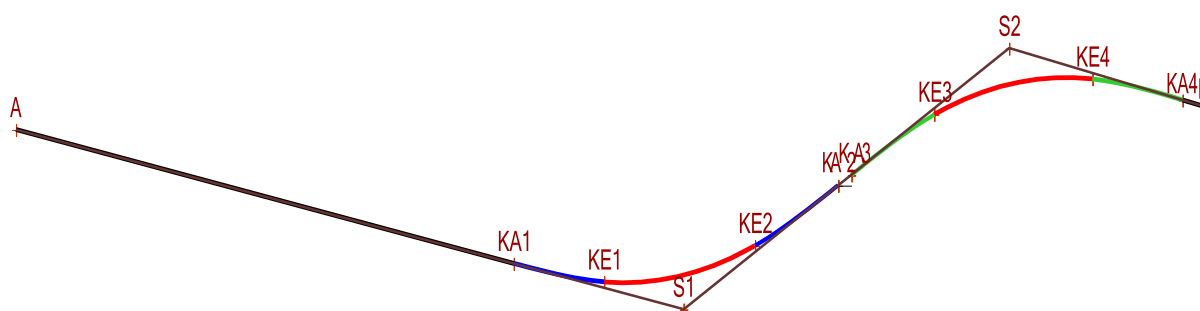


Figure 3 : Les éléments d'un tracé en plan

a- Les alignements droits :

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.

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

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

b- Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

On essaye de choisir le plus grand rayon possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconise.

c- Les raccordements progressifs (Clothoilde) :

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

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

II.3. ETUDE DES VARIANTES :

II.3.1. DETERMINATION DES COORDONNEES 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 :

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

2. Distance :

La distance AS est donnée par la relation : ----- $AS = \sqrt{(X_S - X_A)^2 + (Y_S - Y_A)^2}$

3. L'angle au centre :

D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par : ----- $\beta = G_{SB} - G_{AS}$

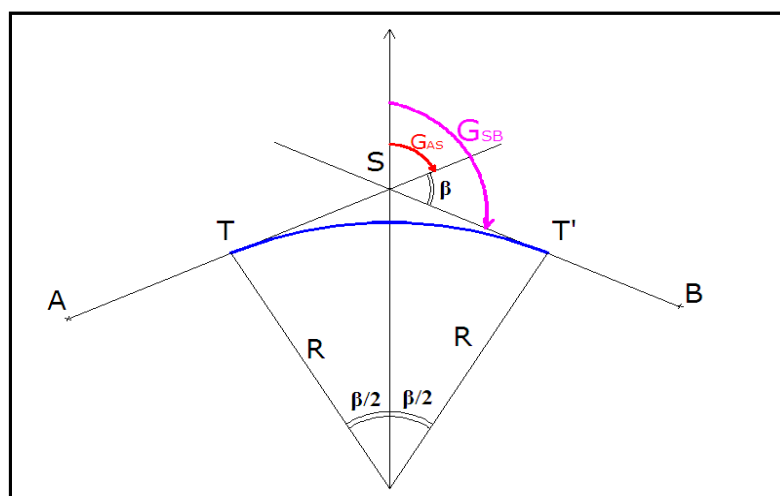


Figure 4: Détermination de l'angle au centre

Etude

De la Variante N°01

II.3.2. CALCUL DE LA VARIANTE N° 01 :

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

Tableau 1 : Coordonnées des sommets variante N°01

N	X (m)	Y (m)
S1	451 272.151	4 006 860.194
S2	451 438.035	4 006 407.507
S3	452 655.492	4 005 779.332
S4	454 566.474	4 005 897.625
S5	455 332.669	4 005 126.827

➤ Gisements, angles au centre et distances :

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

Valeurs ΔX et ΔY (m)		Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)
ΔX=	165.8846	GS1.S2 =	177.6388			482.12
ΔY=	-452.6874					
ΔX=	1 217.4564	GS2.S3 =	130.3250	β1 =	47.3138	1 369.96
ΔY=	-628.1749					
ΔX=	1 910.9821	GS3.S4 =	96.0642	β2 =	34.2608	1 914.64
ΔY=	118.2927					
ΔX=	766.1957	GS4.S5 =	150.1906	β3 =	54.1264	1 086.82
ΔY=	-770.7974					

➤ Calcul des paramètres des raccordements circulaires :

❖ Bissectrice : $Biss = R. \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$

❖ La développée : $L_c = \frac{\pi. \beta^{deg}. R}{180} = \frac{\pi. \beta^{grad}. R}{200}$

❖ La flèche : $F = R. \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$

❖ La tangente : $T = R. \tan \frac{\beta}{2}$

Tableau 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)
$\beta_1 = 47.3138$	1 000.00	389.71	743.20	68.25	73.25
$\beta_2 = 34.2608$	1 200.00	330.93	645.80	43.18	44.79
$\beta_3 = 54.1264$	900.00	407.44	765.19	80.10	87.93
$\sum R_c =$			2154.20		

➤ Les longueurs de tracé :

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

$AD_1 = 482.12 - 389.71$ $AD_1 = 92.42 \text{ m}$

$AD_2 = 1\,369.96 - 389.71 - 330.93$ $AD_2 = 649.33 \text{ m}$

$AD_3 = 1\,914.64 - 330.93 - 407.44$ $AD_3 = 1\,176.27 \text{ m}$

$AD_4 = 1\,086.82 - 407.44$ $AD_4 = 679.38 \text{ m}$

$L_{AD} = \sum AD$ $L_{AD} = 2\,597.40 \text{ m}$

✓ La longueur totale des arcs de cercles calculées L_C :

$$L_C = \sum R_C = 743.20 + 645.80 + 765.19 \text{-----} L_C = 2154.20 \text{ m}$$

✓ La longueur totale de tracé mesurée :

$$L_T = \sum AD + \sum R_C = 2841.59 + 2141.08 \text{-----} L_T = 4751.60 \text{ m}$$

➤ **Pourcentage des alignements droits :**

$$\% \text{ alignements droits} = L_{AD} / L_T = 2597.40 / 4751.60 \text{-----} = 54.66 \%$$

➤ **Pourcentage des courbes :**

$$\% \text{ Courbes} = L_C / L_T = 2154.20 / 4751.60 \text{-----} = 45.34 \%$$

➤ **Déclivité cumulée :**

Tableau 4 : Calcul des Déclivité cumulés variante N°01

Voir annexe

➤ **Déclivité cumulée :**

$$D_C = \frac{|\sum_{P>0} P_i l_i + \sum_{P<0} P_i l_i|}{L}$$

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

Tableau 5 : Type de topographie

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

$$D_c = 5.8\% \geq 4\% \text{-----} \text{Terrain montagneux}$$

➤ **Sinuosité :**

- ✓ La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse **Ls** sur la longueur totale de l'itinéraire.
- ✓ La longueur sinueuse **Ls** 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 6 : Sinuosité

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

$$\sigma = \frac{L_s}{L}$$

- $L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m})$
- **Ls** : la somme des développées des rayons inférieurs ou égaux à 200m

➤ **Environnement :**

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

Tableau 7 : Tableau d'Environnement de la route

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

- ✓ Dénivelée cumulée : **$D_c = 5.8\% \geq 4\%$** ----- (terrain montagneux)
- ✓ Puisque dans notre projet n'avons pas des rayons inférieurs ou égaux à 200m alors la

sinuosité est faible.

Donc on a un : ----- **Environnement E2**

➤ **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 déterminer la vitesse de référence.

Tableau 8 : Vitesse de référence

Environnement Catégorie	E1	E2	E3
Cat 1	120- 100 -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 E2 ----- ***Vr = 100 km/h***

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

Tableau 9 : Dévers

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

➤ Détermination du coefficient transversal ft :

Tableau 10 : Valeur du coefficient ft

Vr	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	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 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 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 :

$$RHm = \frac{Vr^2}{127(ft + dmax)} = \frac{100^2}{127(0.11 + 0.07)} = 437.44m$$

RHm ----- = 437.44m

2. Rayon minimal normal :

$$RHn = \frac{(Vr + 20)^2}{127(ft + dn)} = \frac{(100 + 20)^2}{127(0.11 + 0.05)} = 708.66m$$

RHn ----- = 708.66m

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 Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé **d_{min} = 2.5%**.

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{min}} = \frac{100^2}{127 \times 0.11 \times 0.025} = 1\,574.80m$$

RHd ----- = 1 574.80m

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).

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \cdot (F'' - d_{min})} = \frac{100^2}{127 \cdot (0.06 - 0.025)} = 2\,249.72m$$

RHnd ----- = 2 249.72m

Le calcul des rayons en plan nous donne les résultats suivants

Tableau 13 : Récapitulatif des rayons en plan

Catégorie	RHm	RHn	RHd	RHnd
Cat 1	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 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 15 : Tableau de cubature approchée de la variante 01

-(Voir annexe)-

Longueur Totale du Tracé de la variante 01 : **4 751.60 m**

Déblai Total de la variante 01: **1 089 665 m³**

Remblai Total de la variante 01: **425 440 m³**

Etude

De la Variante N°02

II.3.3. CALCUL DE LA VARIANTE N°02

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

Tableau 16 : Coordonnées des sommets variante N°02

N	X (m)	Y (m)
S1	451272.151	4006860.194
S2	451815.013	4005797.016
S3	454550.293	4005977.465
S4	455332.669	4005126.827

- Gisements, angles au centre et distances :

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

Valeurs ΔX et ΔY (m)		Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)
$\Delta X =$	542.8625	GS1.S2 =	169.945			1 193.75
$\Delta Y =$	-1 063.1784					
$\Delta X =$	2 735.2798	GS2.S3 =	95.8062	$\beta 1$ =	74.1393	2 741.23
$\Delta Y =$	180.4489			$\beta 2$ =	56.8533	
$\Delta X =$	782.3765	GS3.S4 =	152.6596			1 155.72
$\Delta Y =$	-850.6375					

- Calcul des paramètres des raccordements circulaires :

Tableau 18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre variante

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développé e(m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta 1 = 74.1393$	1 475.00	971.21	1717.75	243.07	291.03
$\beta 2 = 56.8533$	1 000.00	478.78	893.05	98.05	108.70
$\sum R_c =$			2 610.80		

Les longueurs de tracé :

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

$$AD_1 = 1\,193.75 - 971.21 \text{ ----- } AD_1 = 222.55 \text{ m}$$

$$AD_2 = 2\,741.23 - 971.21 - 478.78 \text{ ----- } AD_2 = 1\,291.24 \text{ m}$$

$$AD_3 = 1\,155.72 - 478.78 \text{ ----- } AD_3 = 676.95 \text{ m}$$

$$L_{AD} = \sum AD \text{ ----- } L_{AD} = 2\,190.74 \text{ m}$$

- ✓ La longueur totale des arcs de cercles calculées L_C :

$$L_C = \sum R_C = 1\,717.75 + 893.05 \text{ ----- } L_C = 2\,610.80 \text{ m}$$

- ✓ La longueur totale de tracé mesurée :

$$L_T = \sum AD + \sum R_C = 2\,190.74 + 2\,610.80 \text{ ----- } L_T = 4\,801.54 \text{ m}$$

➤ **Pourcentage des alignements droits :**

$$\% \text{ alignements droits} = L_{AD} / L_T = 2\,190.74 / 4\,801.54 \text{} = 45.63 \%$$

➤ **Pourcentage des courbes :**

$$\% \text{ Courbes} = L_C / L_T = 2\,610.80 / 4\,801.54 \text{} = 54.37 \%$$

➤ **Déclivité cumulée :**

Tableau 19 : calcul des déclivités cumulées variante N°02

Voir annexe

➤ **Déclivité cumulé :**

$$D_C = 6.1\% \geq 4\% \text{ ----- Terrain montagneux}$$

➤ **Environnement :**

- ✓ Dénivelée cumulée : $D_C = 6.1\% \geq 4\%$ ----- (terrain plat)

- ✓ Puisque dans notre projet n'avons pas des rayons inférieurs ou égaux à 200m alors la sinuosité est faible.

Donc on a un : ----- **Environnement E2**

➤ Vitesse de référence :

Cat 01 et E1 ----- $V_r = 100 \text{ km/h}$

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

Tableau 20 : Tableau de cubature approchée de la variante 02

Voir annexe

- ✓ Longueur Totale du Tracé de la variante 01: **4 801.54 m**
- ✓ Déblai Total de la variante N°02 : **1 037 788 m³**
- ✓ Remblai Total de la variante N°02 : **283 954 m³**

❖ **CHOIX DE VARIANTE**

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

Tableau 21 : Tableau comparatif entre les variantes 01 et 02

Critères de choix	variante 01	variante 02	Evolution	
			V1	V2
Linéaire (m)	4 751.60	4 801.54	(+)	(-)
Nombre de rayon (U)	3	2	(-)	(+)
Pente et rampe	$P_{\min} = -1.51 \%$ $P_{\max} = -6.18 \%$	$P_{\min} = -0.54 \%$ $P_{\max} = -3.80 \%$	(+)	(+)
Pourcentage alignement droit (%)	54.66	45.63	(+)	(+)
Pourcentage courbe (%)	45.34	54.37	(+)	(+)
Déblais (m ³)	1 089 665	1 037 788	(+)	(+)
Remblais (m ³)	425 440	283 954	(-)	(+)
			5	6

D'après le tableau on constate que : ----- **Variante N°02 est la plus avantageuse.**

CHAPITRE III: **LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES**

III.1. 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.

III.1.1. 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.

III.1.2. RACCORDEMENT PROGRESSIF :**III.1.2.1. 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.

III.1.2.2. ELEMENTS D'UNE CLOTHOÏDE :

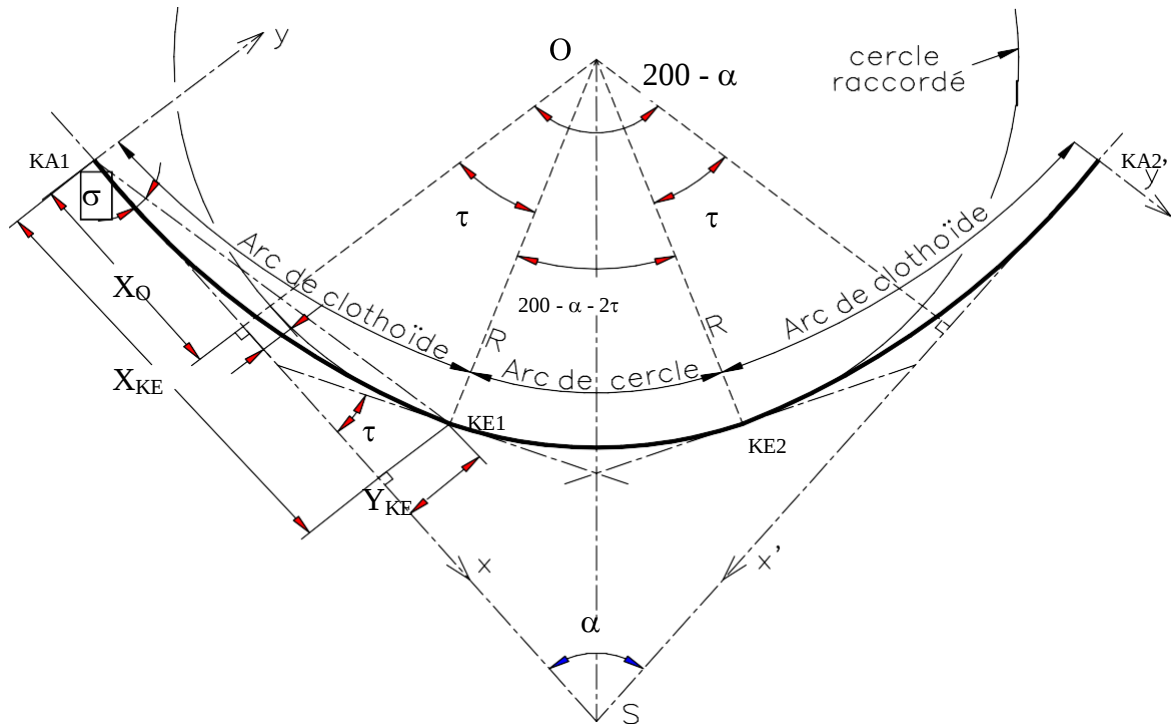


Figure 5 : éléments d'un clothoïde.

A- LA CLOTHOÏDE :

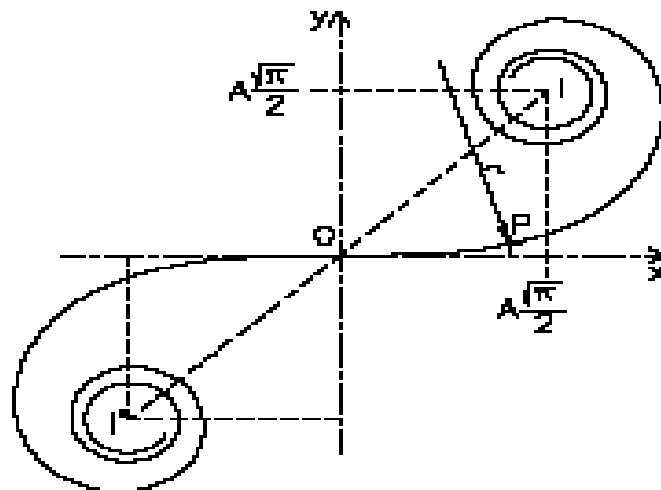


Figure 6 : clothoïde.

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 :

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.

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

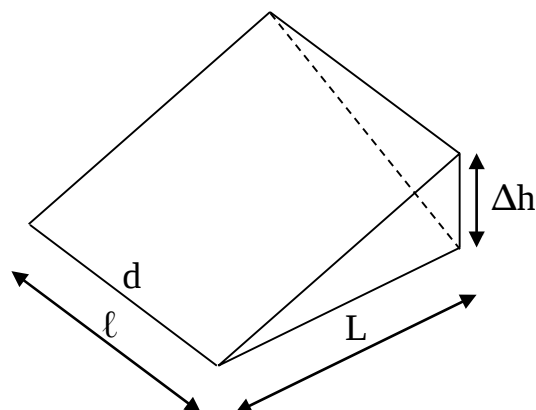
2. La condition Optique :

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.

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

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



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

➤ Vérification de non chevauchement :

- 1^{er} cas : $\tau = \frac{\beta}{2}$ ----- Clothilde sans arc de cercle.
- 2^{ème} cas : $\tau < \frac{\beta}{2}$ ----- Clothilde avec arc de cercle.
- 3^{ème} cas : $\tau > \frac{\beta}{2}$ ----- Clothilde impossible.

➤ application au projet :

- Vitesse de référence : $V_r = 100 \text{ km/h}$; $d_{\max} = 7.00\%$; $d_{\min} = -2.50\%$; $l = 7.00\text{m}$.

a- Rayon $R_1 = 1475 \text{ m}$; $\Delta R = 1.75\text{m}$.

❖ Condition de confort dynamique :

$$L_1 \geq \frac{V_r^2}{18} \cdot \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) = \frac{100^2}{18} \cdot \left(\frac{100^2}{127 \cdot 1475} - 0.095 \right) \text{ ----- } > L_1 \geq 23.12 \text{ m}$$

❖ Condition Optique :

$$L_2 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} = \sqrt{24 \cdot 1475 \cdot 1.75} \text{ ----- } > L_2 \geq 248.90 \text{ m}$$

❖ Condition gauchissement :

$$L_3 \geq l \cdot \Delta d \cdot V_r = 7.0 \cdot 0.095 \cdot 100 \text{ ----- } > L_3 \geq 66.50 \text{ m}$$

❖ Longueur de clothoïde :

$$L \geq \max (L_1 ; L_2 ; L_3)$$

$$L \geq 248.90 \text{ m} \text{ ----- } > \text{On prend : } L = 250.00 \text{ m}$$

❖ Paramètre de la clothoïde :

$$A = \sqrt{R * L} = \sqrt{1475 * 250} \text{ ----- } > A = 607.25 \text{ m}$$

❖ Angle des alignements droits :

$$\alpha = 200 - \beta = 200 - 74.1393 \text{ ----- } > \alpha = 125.8607 \text{ gr}$$

❖ Angle des tangentes :

$$\tau = \frac{L}{2 * R} = \frac{250}{2 * 1475} \text{ ----- } > \tau = 5.40 \text{ gr}$$

$$\tau = 5.40 < \frac{\beta}{2} = 37.07 \text{ ----- } > \text{ Pas de chevauchement (il y a une Clothilde).}$$

❖ Angle au centre (partie circulaire) :

$$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau = 200 - 125.8607 - 2 * 5.40 \text{ ----- } > \gamma = 63.3491 \text{ gr}$$

❖ Longueur de la partie circulaire D :

$$L_{cir} = \frac{\pi * R * \gamma}{200} = \frac{\pi * 1475 * 63.3491}{200} \text{ ----- } > L_{cir} = 1\,467.75 \text{ m}$$

❖ Abscisse de l'extrémité de la clothoïde :

$$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40 * R^4} = 250 - \frac{250^3}{40 * 1475^4} \text{ ----- } > X_{KE} = 249.28 \text{ m}$$

❖ Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde :

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6 * R} = \frac{250^2}{6 * 1475} \text{ ----- } > Y_{KE} = 7.06 \text{ m}$$

❖ Angle polaire :

$$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}} = \arctg \frac{7.06}{249.28} \text{ ----- } > \sigma = 1.8031 \text{ gr}$$

b- Rayon $R_2 = 1000 \text{ m}$; $\Delta R = 1.00 \text{ m}$.

❖ Condition de confort dynamique :

$$L_1 \geq \frac{v_r^2}{18} * \left(\frac{v_r^2}{127R} - \Delta d \right) = \frac{100^2}{18} * \left(\frac{100^2}{127 * 1000} - 0.095 \right) \text{ ----- } > L_1 \geq 9.03 \text{ m}$$

❖ Condition Optique :

$$L_2 \geq \sqrt{24 * R * \Delta R} = \sqrt{24 * 1000 * 1.00} \text{ ----- } > L_2 \geq 154.92 \text{ m}$$

❖ **Condition gauchissement :**

$$L_3 \geq l \cdot \Delta d \cdot V_r = 7.0 * 0.095 * 100 \text{-----} > L_3 \geq 66.50 \text{ m}$$

❖ **Longueur de clothoïde :**

$$L \geq \max (L_1 ; L_2 ; L_3)$$

$$L \geq 154.92 \text{ m-----} > \text{On prend : } L = 155.00 \text{ m}$$

❖ **Paramètre de la clothoïde :**

$$A = \sqrt{R * L} = \sqrt{1000 * 250} \text{-----} > A = 393.70 \text{ m}$$

❖ **Angle des alignements droits :**

$$\alpha = 200 - \beta = 200 - 56.8533 \text{-----} > \alpha = 143.1467 \text{ gr}$$

❖ **Angle des tangentes :**

$$\tau = \frac{L}{2 * R} = \frac{155}{2 * 1000} \text{-----} > \tau = 4.93 \text{ gr}$$

$$\tau = 4.93 < \frac{\beta}{2} = 28.4267 \text{-----} > \text{Pas de chevauchement (il y a une Clothilde).}$$

❖ **Angle au centre (partie circulaire) :**

$$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau = 200 - 143.1467 - 2 * 4.93 \text{-----} > \gamma = 46.9857 \text{ gr}$$

❖ **Longueur de la partie circulaire D :**

$$L_{cir} = \frac{\pi * R * \gamma}{200} = \frac{\pi * 100 * 46.9857}{200} \text{-----} > L_{cir} = 738.05 \text{ m}$$

❖ **Abscisse de l'extrémité de la clothoïde :**

$$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40 * R^4} = 250 - \frac{155^3}{40 * 1000^4} \text{-----} > X_{KE} = 154.63 \text{ m}$$

❖ **Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde :**

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6 * R} = \frac{250^2}{6 * 1475} \text{-----} > Y_{KE} = 4.00 \text{ m}$$

❖ **Angle polaire :**

$$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}} = \arctg \frac{4.00}{154.63} \text{-----} > \sigma = 1.6482 \text{ gr}$$

➤ **Calcul de paramètres de la clothoïde**

Tableau 22 : Paramètres de clothoïde

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2
Rayon	R	1475.00	1000.00
Longueur de la clothoïde	L	250.00	155.00
Paramètre de clothoïde	$A = \sqrt{R \cdot L}$	607.25	393.70
Angle au sommet	α	125.8607	143.1467
Angle au centre	$\beta = 200 - \alpha$	74.1393	56.8533
Angle des tangentes	$\tau = \frac{L}{2R}$	5.40	4.93
Angle au centre partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	63.3491	46.9857
Abscisse de l'extrémité de la clothoïde	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40R^4}$	249.28	154.63
Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde	$Y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$	7.06	4.00
Angle polaire	$\sigma = \arctan \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$	1.8031	1.6482
Longueur de la partie circulaire	$L_{cir} = \frac{\pi * R * \gamma}{200}$	1467.75	738.05
Longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$	249.38	154.68
Abscisse du centre	$X_O = X_{KE} - R \sin \tau$	124.43	77.21
Ordonné du centre	$Y_O = Y_{KE} + R \cos \tau$	1476.77	1001.00
Distance KA-centre	$K_A - O = \sqrt{X_O^2 - Y_O^2}$	1482.00	1003.98
Ripage	$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$	1.75	1.00
Développée totale	$DT = 2L + D_{cercle}$	1967.75	1048.05
Tangente courte	$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	83.43	51.72
Tangente longue	$TL = X_{KE} - \frac{Y_{KE}}{\cos \tau}$	242.19	150.61

III.2. 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

III.2.1. 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.

III.2.2. DEVERS VERS L'INTERIEUR 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.

1. **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 23 : Devers en fonction de l'environnement

Environnement	Facile	moyen	Difficile
Devers			
Devers Minimal			
Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
Cat 1-2	7%	7%	7%
Cat 3-4	8%	8%	7%
Cat 5	9%	9%	9%

III.2.3. DETERMINATION DES DEVERS AUX RAYONS EN PLAN :

- **1^{er} cas** : Le rayon choisi : $R \geq R_{Hnd}$ ----- --> Le dévers associé « **d** » est celui de l'alignement droit.
- **2^{ème} cas** : Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{Hn}$ - --> Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.
- **3^{ème} cas** : Si $R_{Hn} \leq R \leq R_{Hd}$ ----- --> Le dévers associé « **d** » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{Hn} et celui associé à R_{Hd} .

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{Hn}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

- **4^{ème} cas :** Si $RHm < R < RHN$ ----- --> La route est déversée à l'intérieur du virage et « **d** » est calculé par interpolation linéaire en **1/R**.

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

CHAPITRE IV: **PROFIL EN LONG**

IV.1. DEFINITION :

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.

IV.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.

IV.2.4. ELEMENTS CONSTITUANTS 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.

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'évacuent longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

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 tous 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.

- $V_r = 100$ (Km/h)
 - Catégorie 01
 - Environnement E2
- > 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 :

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 :

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.

$$R_v = \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \cdot \sqrt{h_0 * h_1})}$$

D1 : la distance d'arrêt.

h₀ : hauteur de l'œil.

h₁ : hauteur de l'obstacle.

Pour les chaussées unidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 1.20m 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 $d_{(v)}$

$$RVm = a \cdot d^2$$

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 :

$$RVm = 0.24 * d_1^2 = 5376.98 \text{ m}$$

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 B₄₀) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Rayons convexes (Cat2, V100)

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Min absolue	RVm	6 000
Min normale	RVn	12 000

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**

$$\frac{Vr^2}{RVm'} = \frac{g}{40} \Rightarrow RVm' = 0.30 * Vr^2 = 0.3 * 100^2 \text{ ----- } > RVm' = 3000 \text{ m}$$

➤ **Rayon minimal normal**

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

$$RVn = RVm_{(Vr+20)}$$

$$RVn = RVm_{(Vr+20)} = 0.3 * (100 + 20)^2 \text{ ----- } > RVn = 4320 \text{ m}$$

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

Tableau 25 : Rayons concaves (Cat2, V100)

RAYON	SYMBOLE	VALEUR (m)
Min absolue	RVm	3 000
Min normale	RVn	4 200

IV.3. COORDINATION DU TRACÉ 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'utilisateur 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 bonne condition générale 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 :

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

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

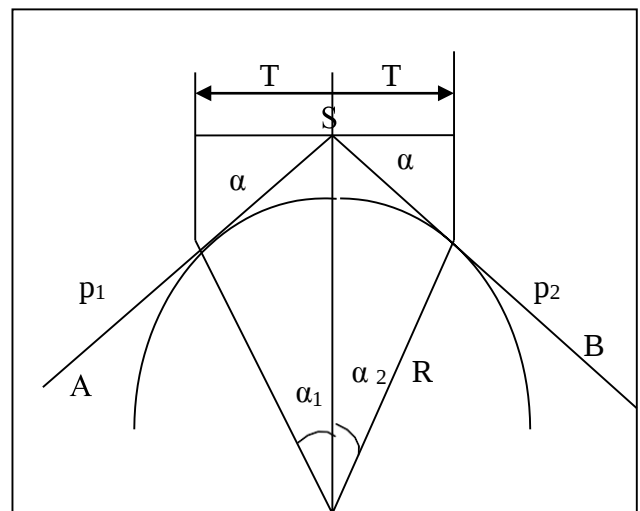
$$\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right) = \frac{AS}{R} \Rightarrow AS = R \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)$$

$$\text{D'où } \alpha_1, \alpha_2 = 0 = P \cdot \cos \alpha_1$$

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

$$\operatorname{tg} . (\alpha_1) \quad \alpha_1 = P1 \quad ; \quad \operatorname{tg} . (\alpha_2) \quad \alpha_2 = P2$$

$$T = R \cdot \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \Rightarrow T = R \cdot \left| \frac{\Delta P}{2} \right|$$



Remarque : on a utilisé directement les résultats donnés par le logiciel CIVIL 3D.

CHAPITRE V: CINEMATIQUE

V.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 :

V.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.

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

Avec :

- **V_r** : vitesse de référence en Km/h.
- **e** : déclivité.
- **f_{rl}** : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

Tableau 26 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40

V_r (Km/h)		40	60	80	100	120	140
f_{rl}	Catégorie 1-2	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30
	Catégorie 3-4-5	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	/

Pour notre projet on a : **$f_{rl} = 0.36$**

➤ Application : Exemple de calcul

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} * \frac{100^2}{0.36} \text{ -----} > d_0 = 111.11 \text{ m}$$

- En rampe : $e = + 4.13\%$

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_F^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} * \frac{100^2}{0.36 + 0.041} \text{ ----- } > d_0 = 99.68 \text{ m}$$

- En pente : $e = - 5.00\%$

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_F^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} * \frac{100^2}{0.36 - 0.05} \text{ ----- } > d_0 = 129.03 \text{ m}$$

V.1.2. TEMPS DE REACTION

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 :

$$d_1 = v \times t \quad \text{avec :} \quad \mathbf{v} : \text{vitesse en m/s} \quad \mathbf{t} : \text{temps en seconde}$$

V.1.3. DISTANCE D'ARRET :

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

$$\textbf{Distance d'arrêt (d) : } \mathbf{d = d_1 + d_0}$$

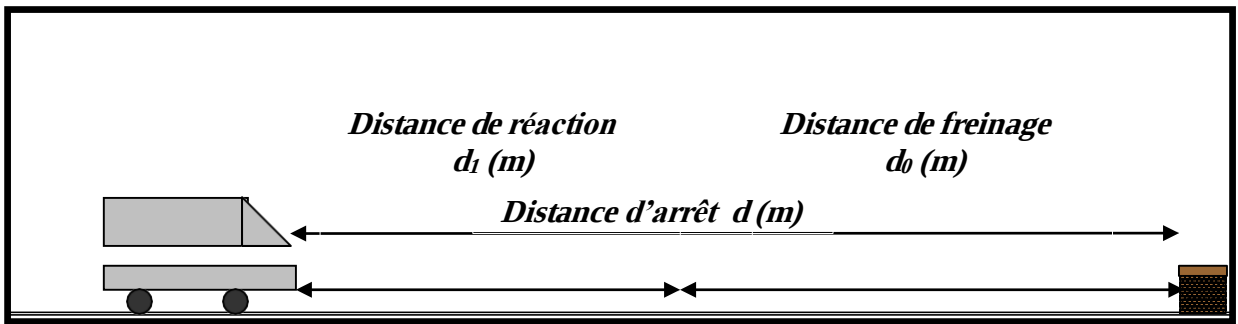


Figure 7 : Distance d'arrêt et de freinage

❖ **En alignement droit :**

- Pour $V_r < 100$ Km/h et quand $t = 2$ s : ----- $d = d_0 + 0.55 * V_r$
- Pour $V_r \geq 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : ----- $d = d_0 + 0.50 * V_r$

➤ **Application :** $V_r = 100$ Km/h $t = 1.8$ s

- En rampe : $d = 99.68 + 0.5*100 = 149.68$ m
- En pente : $d = 129.03 + 0.5*100 = 179.03$ m

❖ **En courbe :**

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

- Pour $V_r \leq 100$ Km/h et quand $t = 2$ s : ----- $d = 1.25 * d_0 + 0.55 * V_r$
- Pour $V_r > 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : ----- $d = 1.25 * d_0 + 0.50 * V_r$

➤ **Application :** $V_r = 100$ Km/h $t = 2$ s

- En rampe : $d = 1.25 * 99.68 + 0.55*100 = 179.60$ m
- En pente : $d = 1.25 * 129.03 + 0.55*100 = 216.29$ m

V.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.

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

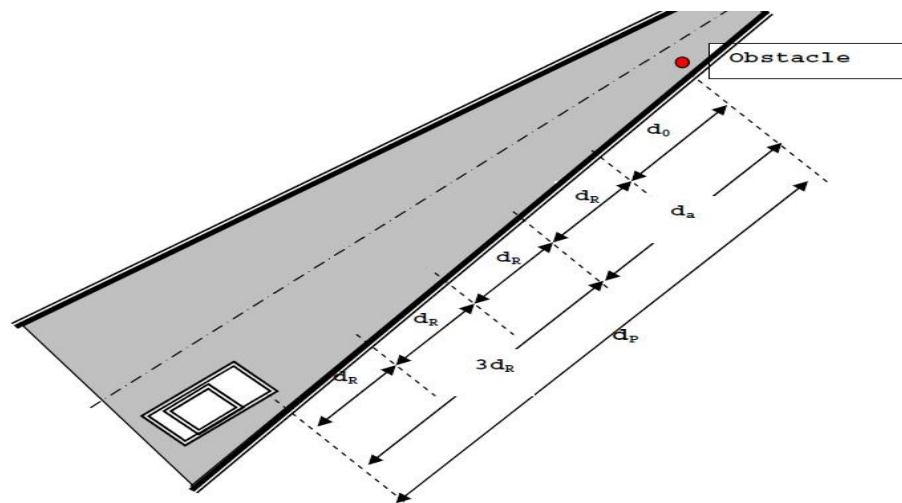


Figure 8 : Distance de perception

➤ Application :

❖ En alignement droit :

- En rampe : $d_p = 149.68 + \frac{6}{3.6} * 100 = 316.34 \text{ m}$
- En pente : $d_p = 179.03 + \frac{6}{3.6} * 100 = 345.70 \text{ m}$

❖ En courbe :

- En rampe : $d_p = 179.60 + \frac{6}{3.6} * 100 = 346.26 \text{ m}$
- En pente : $d_p = 216.29 + \frac{6}{3.6} * 100 = 382.96 \text{ m}$

V.1.5. DISTANCE DE SECURITE ENTRE DEUX VEHICULES :

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 : $d'_2 = d_2 + v * t' + l$

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 : **$d'_2 = d_2 + v * (t + t') + l$** (t en s et v en m/s)

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité : **$E = v * t' + l$**

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 « E_s », 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

1^{er} Cas :

$$E_s = \frac{V}{3} + l = \frac{100}{5} + 5 = 25 \text{ m}$$

2^{ème} Cas :

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

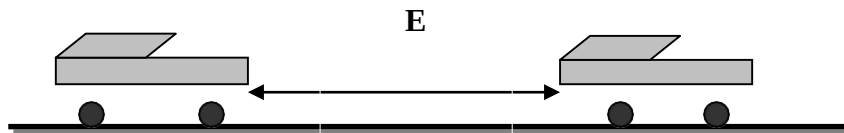


Figure 9 : Espacement entre deux véhicules

V.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 27 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse

Vr(Km/h) Distance	40	60	80	100	120	140
dvdm	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v
	160	240	320	420	550	700
dvdn	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
dmd	70	120	200	300	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 28 : 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 (m)	Rampe	d ₀	99.68
		Pente		129.03
	Courbe (m)	rampe	d ₀	124.60
		pente		161.29
Distance d'arrêt en	Alignement (m)	rampe	d	149.68
		pente		179.03
	Courbe (m)	rampe	d	179.60
		pente		216.29
Distance de perception en	Alignement (m)	rampe	dp	316.34
		pente		345.70
	Courbe (m)	rampe	dp	346.26
		pente		382.96
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 (5%)
RHnd (m) (dévers associe %)			RHnd	2200,00(-2,5%)

CHAPITRE VI: **ETUDE DU TRAFIC**

VI.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 en 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.

VI.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.

VI.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- **Traffic total** : C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

VI.4. MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra d'hierarchiser 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.

VI.4.1. PROLONGATION DE L'EVOLUTION PASSEE :

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.
- (τ) : est le taux de croissance

VI.4.2. CORRELATION ENTRE LE TRAFIC ET LES PARAMETRES ECONOMIQUES :

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

VI.4.3. MODELE GRAVITAIRE :

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

VI.4.4. MODELE 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.

VI.5. CALCUL DE LA CAPACITÉ :

VI.5.1. DEFINITION DE LA CAPACITE :

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.

VI.5.2. DETERMINATION 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, soit par défaut.

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^{ème} année d'exploitation.

VI.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 :

- (τ) : 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 :

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

Avec :

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

Tableau 29 : Valeurs du coefficient P

Routes	E1		E2	E3
2 voies	3		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 :

$$\frac{1}{n}$$

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 :

$$Q_{adm} (uvp/h) = K_1.K_2. C_{th}$$

Avec :

- **K₁** : Coefficient lié à l'environnement.
- **K₂** : Coefficient de réduction de capacité.
- **C_{th}** : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

➤ Valeurs de K_1 :

Tableau 30 : Valeurs de K_1 en fonction de l'environnement

Coefficient K_1					
	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

➤ Valeurs de K_2 :

Tableau 31 : Valeurs de K_2 en fonction de l'environnement

Coefficient K_2			
Environnement	E1	E2	E3
K_2	0,75	0,85	0,90 à 0,95

➤ **Valeurs de C_{th}** : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau 32 : Valeurs de capacité théorique

Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 UVP/h
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_{adm}** : débit admissible par voie.

➤ **Application au projet :**

- Données :
- TJMA = 6 500 V/J
- Taux de croissance : $\tau = 4\%$
- Pourcentage du poids lourd : $Z=30\%$
- Année de comptage : 2016
- Année de mise en service : 2019
- Durée de vie : 20 ans
- Coefficient d'équivalence : $P=6$
- Coefficient lié à l'environnement : $K_1=0.99$
- Coefficient de réduction de capacité : $K_2=0.85$
- Capacité effective par voie : $1500 \leq C_{th} \leq 2000$ UVP/h

➤ **Calcul du trafic à l'année de mise en service (2019) :**

$$T_{2019} = TJMA \cdot (1+0.04)^3 = 6500 \cdot (1+0.04)^3 \text{ ----- } T_{2019}=7\,311 \text{ V/J.}$$

➤ **Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon (2039) :**

$$T_{2039} = T_{2019} \cdot (1+0.04)^{20} = 7311 \cdot (1+0.04)^{20} = \text{-----} T_{2039}=16\,019 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du trafic effectif :**

$$T_{eff} = [(1-Z)+P \cdot Z] \cdot T_n = [(1-0.30)+6 \cdot 0.30] \cdot 16019 \text{ ----- } T_{eff} = 40\,048 \text{ UVP/J.}$$

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

$$Q = (1) \times T_{eff} = 0.12 * 40048 \text{ ----- } Q = 4\,806 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du débit admissible :**

$$Q_{adm} \text{ (UVP/h)} = K_1 * K_2 * C_{th} = 0.99 * 0.85 * 2000 \text{ ----- } Q_{adm} = 1\,683 \text{ UVP/J.}$$

➤ **Calcul du nombre de voies :**

$$N = S * Q / Q_{adm} = (2/3) * 4806 / 1683 = 1.90 \text{ ----- } \text{On prend : } N = 2 \text{ voies}$$

CHAPITRE VII: **PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES**

VII.1. DEFINITIONS :

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 :

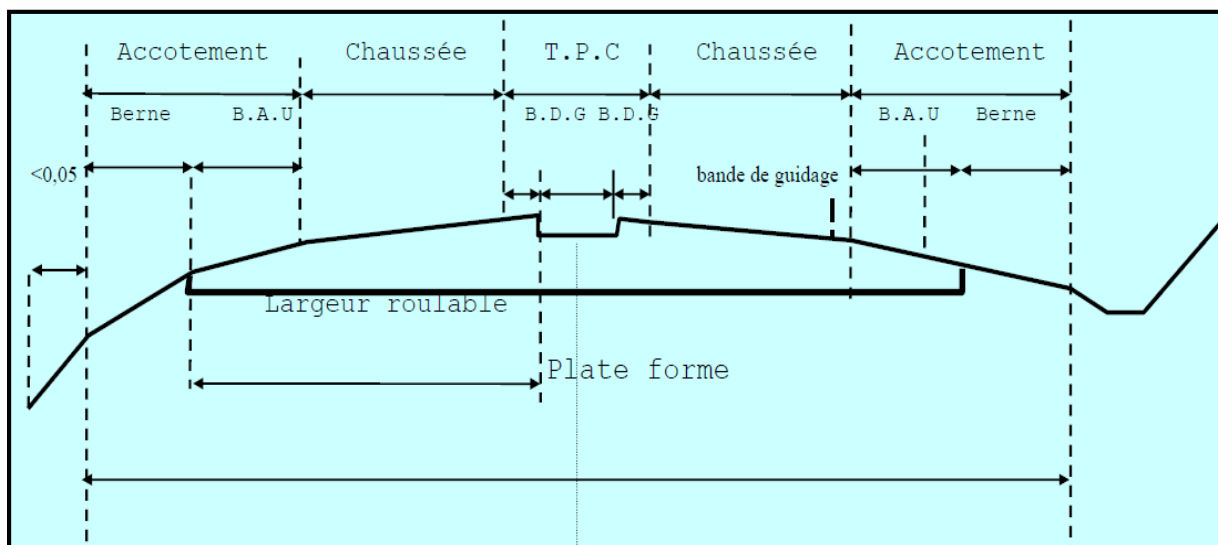


Figure 10 : Les éléments d'une route

➤ 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 : **$2 \times (2 \times 3,5) = 14,00 \text{ m}$**
- ✓ 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 de température peuvent engendrer dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendrer 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 CHAUSSEE :

VII.5.1.1. DEFINITION :

❖ **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 :

1. 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.

2. 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 DIFFERENTES CATEGORIES DE CHAUSSEE :

Il existe deux catégories de chaussées :

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

Structures de chaussée.

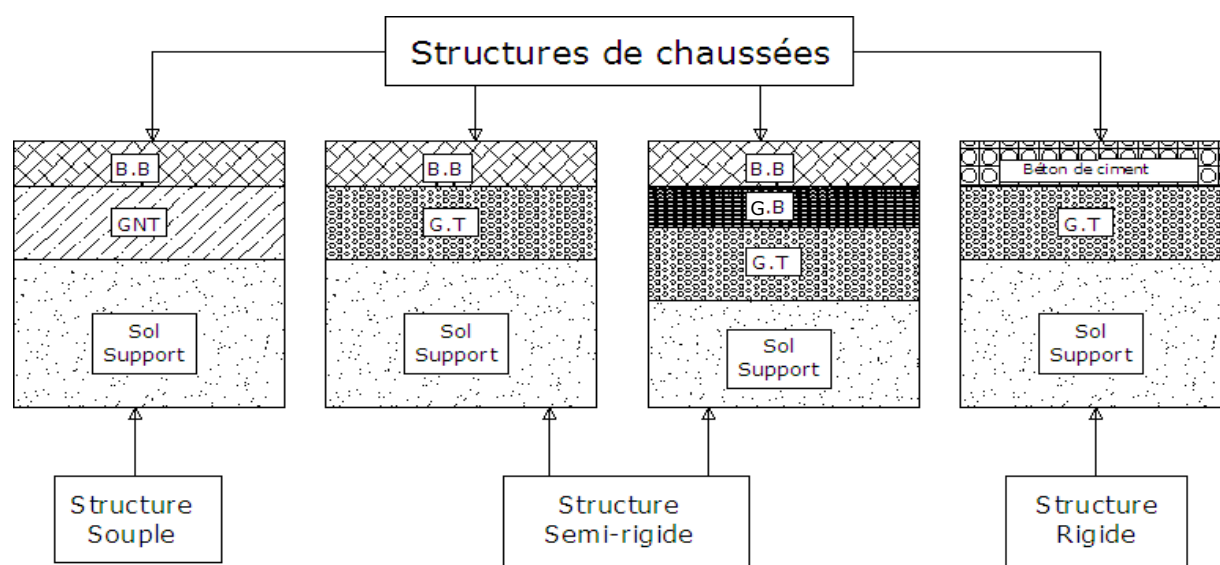


Figure 11 : Structures de chaussée.

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 :

Avec :

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

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 :

$$e = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

$a_1 * e_1$: Couche de roulement.

$a_2 * e_2$: Couche de base.

$a_3 * e_3$: Couche de fondation.

Où :

a_1, a_2, a_3 : Coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : Épaisseurs réelles des couches.

➤ Coefficient d'équivalence

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

Tableau 33 : Coefficient d'équivalence des matériaux

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

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

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

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

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

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

- Trafic cumulé de poids lourds à la 15^{ème} année Tj.
- Les caractéristiques de sol (Sj).

VII.6.4.1. DETERMINATION 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 34 : Classe de trafic

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

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

- T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- n : durée de vie (n = 20 ans)

VII.6.4.2. DETERMINATION DE LA CLASSE DU SOL :

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

Tableau 35 : 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 METHODE L.C.P.C (LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES) :

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

$$T_{eq} = \frac{TJMA * a [(1+Z)^n - 1] * [0.75 * P * 365]}{[(1+Z) - 1]}$$

T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13t.

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

a : coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z : taux d'accroissement annuel.

N : durée de vie de la route.

P : pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e_{eq}** (en fonction de T_{eq}, I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

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

VII.6.6. METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES 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.

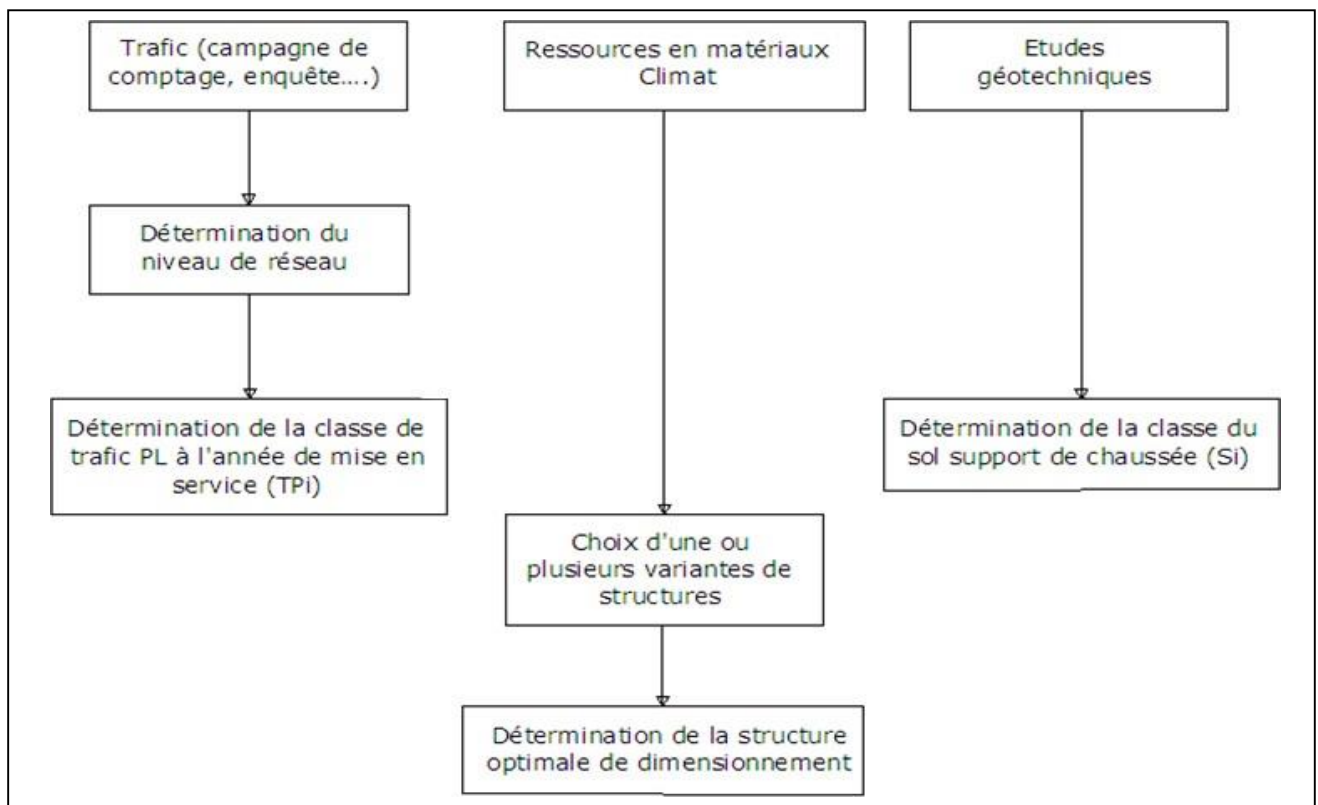
VII.6.6.1. LA DEMARCHE DU CATALOGUE :

Figure 12 : démarche du catalogue

➤ **Application au projet :**

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

TJMA2019 = 8000 v/j avec un poids lourd de 30%

$$T_0 = (TJMA_{2016} * \% pl) \text{ ----- } > T_0 = (6500 * 0,30) = 1\,950 \text{ pl/j/sens.}$$

$$T_1 = (1 + \tau)^3 * T_0 \text{ ----- } > T_1 = (1 + 0.04)^3 * 1950 = 2\,193 \text{ pl/j/sens}$$

$$T_n = (1 + \tau)^n * T_1 \text{ ----- } > T_n = (1 + 0.04)^{20} * 1950 = 4\,806 \text{ pl/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + \left(75 + 50 \log \frac{N}{10}\right) \sqrt{p}}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \left(75 + 50 \log \frac{4806}{10}\right) \sqrt{6.5}}{9 + 5} \text{ ----- } > e = 45.22 \text{ cm}$$

$$\text{On a: } e = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

Tableau 36 : Epaisseur du corps de chaussée

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (a _i)	Épaisseur équivalente (cm)
BBME	10,00	2,00	20,00
EME	15,00	1,20	18.00
Grave (GNT)	21,00	0,75	20.25
TOTAL	46.00		58.25

Notre structure comporte : **6 BBME + 15 EME +25 Grave**

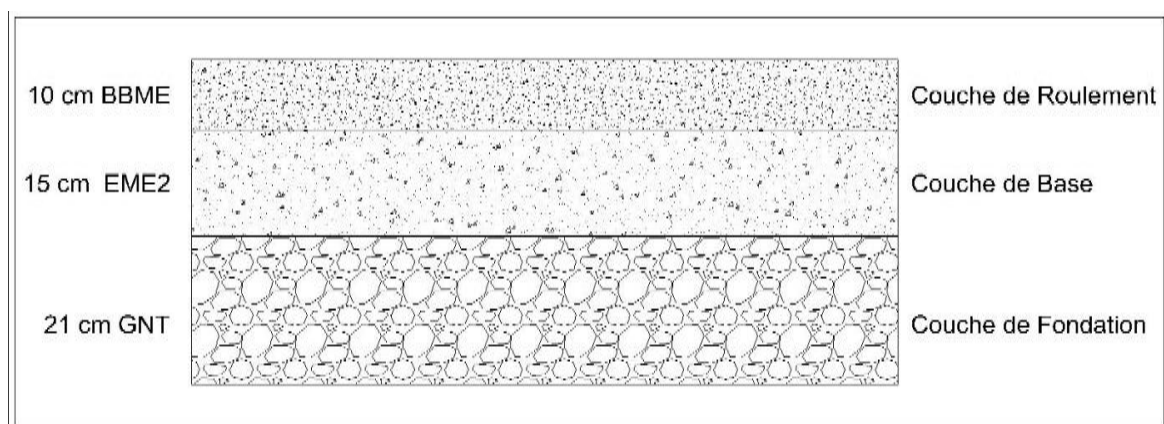


Figure 13 : Corps de chaussée

BBME : Béton bitumineux à module élevé.

EME2 : Enrobé à module élevé classe 2.

GNT : Grave non traité.

VII.7. CUBATURE :

VII.7.1. DEFINITION :

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. METHODE 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 :

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

H : hauteur entre deux profils.

S₀ : surface limitée à mi- distances des profils.

S₁, S₂ : surface des deux profiles.

Application

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

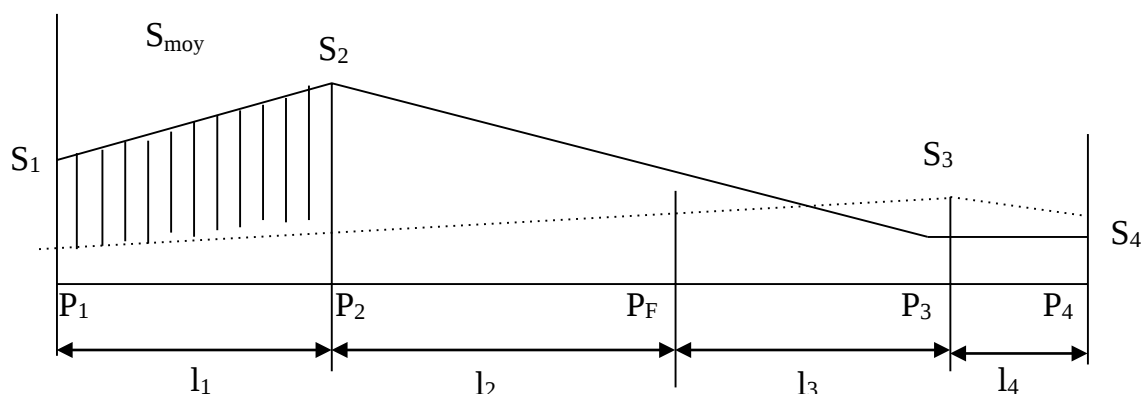


Figure 14 : Surfaces de cubature

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

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

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

D'ou : $V_1 = L_1 * \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

- Entre P₁ et P₂ -----> $V_1 = L_1 * \frac{(S_1 + S_2)}{2}$
- Entre P₁ et P_F -----> $V_2 = L_2 * \frac{(S_0 + 0)}{2}$
- Entre P_F et P₃ -----> $V_3 = L_3 * \frac{(0 + S_3)}{2}$

Le volume total V : $V = \left(\frac{L_1}{2}\right) * S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) * S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) * 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) * S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) * S_4$

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel Civil 3D.

❖ Calcul de cubature de terrassement

- ✓ Surface totale de décapage : **233 210 m²**
- ✓ Volume total de décapage : **46 642 m³**
- ✓ Déblai Total : **1 180 050 m³**
- ✓ Remblai Total : **291 800 m³**

CHAPITRE VIII: **ASSAINISSEMENT**

VIII.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 provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

➤ **Pour les chaussées :**

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

➤ **Pour les talus :**

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

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

VIII.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.
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci).

VIII.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 varié 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

VIII.4. METHODES THEORIQUE DE CALCUL DES DEBITS :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Avec :

- **Q** : Débit de la crue (**m³/s**).
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée en (**mm/h**)

- **A** : superficie du bassin versant (**km²**).

➤ **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 37: Coefficient de ruissellement

Caractéristiques du bassin	Coefficient 'C'					
Déblai et remblai en pente	0.5					
Chaussées	0.9					
fossés	0.9					
Terrain naturel	Pâturage			Cultivable		
	Presque plat	Vallonné	Montagneux	Presque plat	Vallonné	Montagneux
	P<5%	5%<P<10%	P<30%	P<5%	5%<P<10%	P<30%
	0.40	0.55	0.60	0.60	0.70	0.82

➤ **Intensité de la pluie :**

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t(t, T) = \frac{a(T)}{t^b}$$

Avec :

I : l'intensité des pluies (mm/h).

t : Durée de la pluie (heure)

"a" et "b" : coefficients de Montana.

Les coefficients Montana, "a" et "b" ont été calculés et fournis au bureau d'études par les services concernés (ANRH), en réalisant des corrections sur des stations de Gumbel sur les valeurs enregistrées par les stations météorologiques.

L'application de ce modèle à cette station a donné les résultats suivants :

$$I_t(t, T) = \frac{a(T)}{t^{0.55}}$$

Avec : $b=0.55$

Les paramètres "a" pour les différentes fréquences sont :

T	2	5	10	20	50	100
a(t)	10.6	14.1	16.5	18.8	21.7	23.9

Valeurs des intensités obtenues en mm/h :

Tableau 38 : valeurs des intensités obtenues en mm/h

I(t,T)	2 Ans	5 Ans	10 Ans	20 Ans	50 Ans	100 Ans
1	10.6	14.1	16.5	18.8	21.7	23.9
2	7.2	9.7	11.3	12.8	14.8	16.4
3	5.8	7.7	9.0	10.3	11.9	13.1
6	3.9	5.3	6.2	7.0	8.1	8.9
12	2.7	3.6	4.2	4.8	5.5	6.1
24	1.8	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2

➤ **Temps de concentration :**

$$V = 1.4 * p^{0.5}$$

- V : Vitesse (m/s)
- P : Pente (m/m)

$$t_c = \frac{D}{V}$$

- t_c : Temps de concentration (s)
- V : Vitesse (m/s)
- D : Distance (m)

➤ **Calcul de débit de saturation (Qs)**

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANNING STRICKLER

$$Q = K_{st} * \sqrt{p} * \sqrt[3]{R_h} * S_m$$

- **Q** : débit en (m³/s).
- **R_H** : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

- P_m : périmètre mouillée (m).
- S_m : section mouillée (m²).
- P : Pente (m/m)
- K_{st} : coefficient de rugosité

Valeurs usuelles des Strickler K [2]

Type de cours d'eau	Valeurs usuelles de K (m ^{1/3} /s)
Canal bétonné, très lisse	75 à 100
Canal bétonné, état moyen	50 à 75
Canal en terre	30 à 50
Cours d'eau régulier, bien entretenu	40 à 50
Cours d'eau ordinaire	30 à 40
Cours d'eau avec embâcles	20 à 30

Figure 15 : Valeurs du coefficient de rugosité

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

Tableau 39 : Dimensions des ouvrages hydrauliques

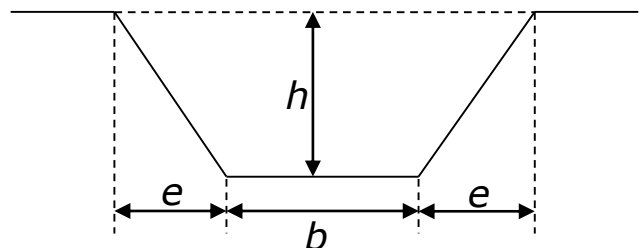
PK	DISIGNATION	DIMENTIONS
17+802.00	Buse	$\varnothing=2000$ mm
18+578.19	Buse	$\varnothing=1500$ mm
19+142.97	Buse	$\varnothing=2000$ mm
20+100.00	Buse	$\varnothing=1500$ mm
20+240.00	Buse	$\varnothing=2000$ mm
21+400.00	Buse	$\varnothing=800$ mm
21+501.98	Buse	$\varnothing=800$ mm

Dimensions des fossés :

$$b = 0.5 \text{ m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$e/h = 1/1.50$$



CHAPITRE IX: **SIGNALISATION**

IX.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.

IX.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.

IX.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.

IX.4. REGLES A RESPECTER 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

IX.5. TYPES DE SIGNALISATION :

IX.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.

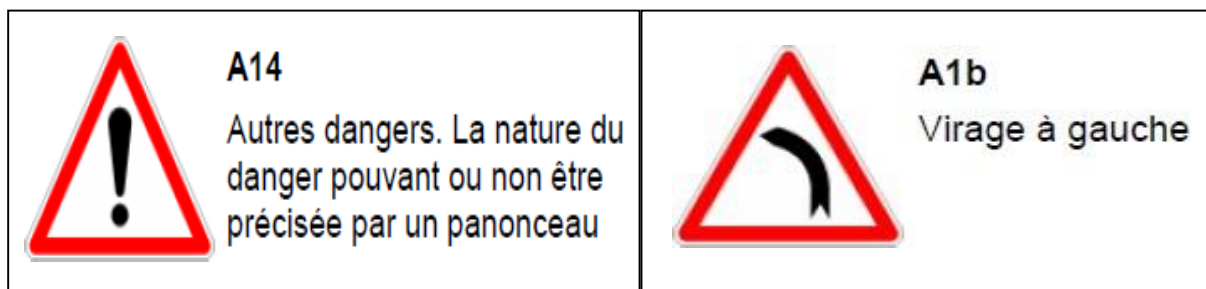


Figure 16: Signaux de danger

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.

010

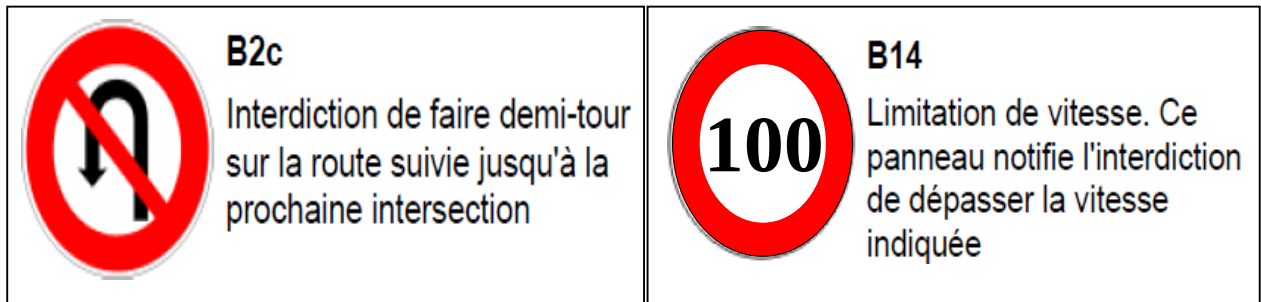


Figure 17 : Signaux d'Interdiction

❖ **L'obligation :**

- ✓ Piste obligatoire pour cyclistes.
- ✓ Sens giratoire et sens unique.
- ✓ Vitesse minimum.
- ✓ Autres obligations.

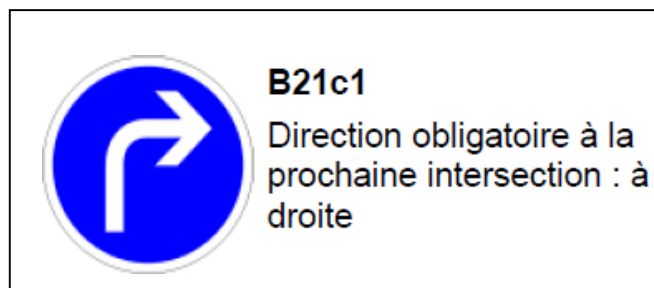


Figure 18 : Signaux d'Obligation

❖ **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.

IX.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 :

1. 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.

2. 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 :

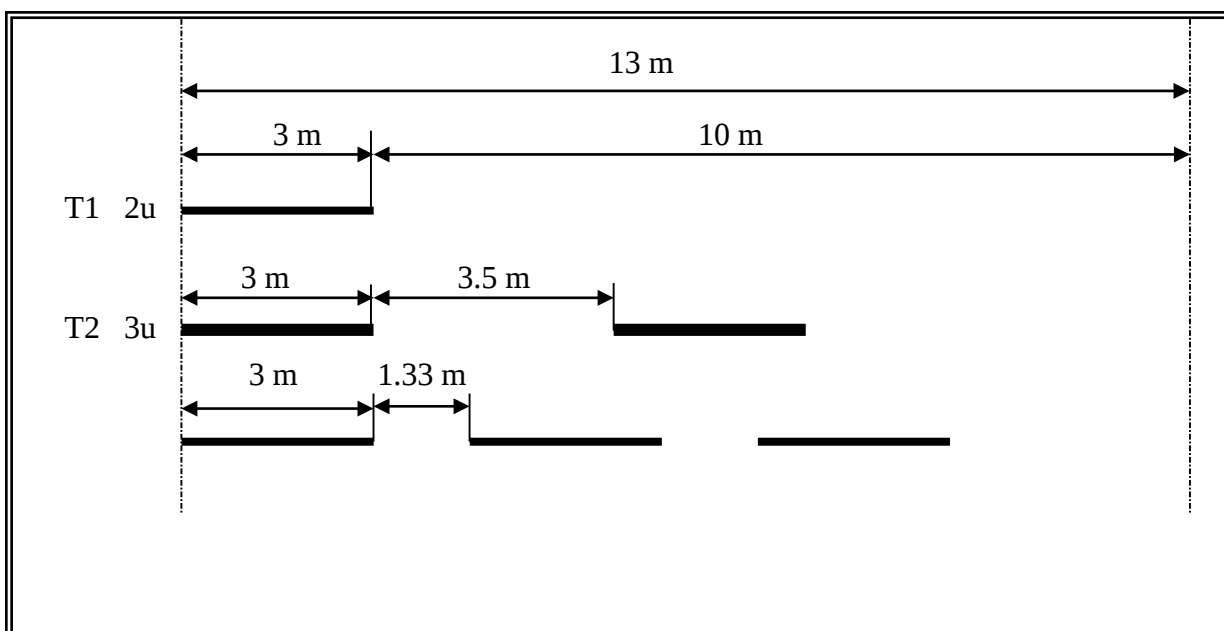


Figure 19 : Types de modulation de lignes discontinues

Tableau 40 : Caractéristiques des lignes discontinues

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
$\approx 1/3$	10	3	T ₁
	5	1.5	T' ₁
≈ 1	3.5	6	T ₂
	0.5	0.5	T' ₂
≈ 3	1.33	3	T ₃
	6	20	T' ₃

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.

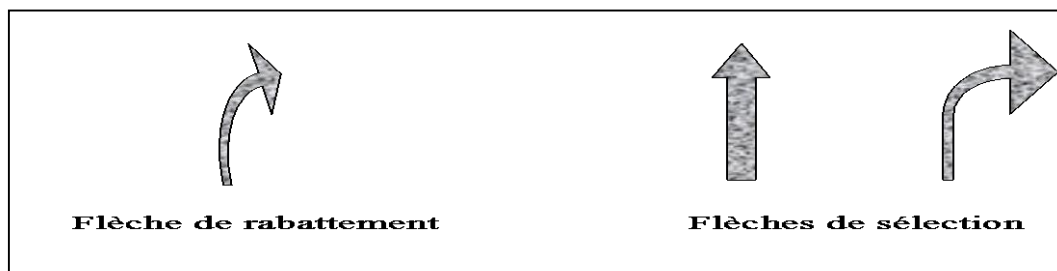


Figure 20 : Flèche de Signalisation 1

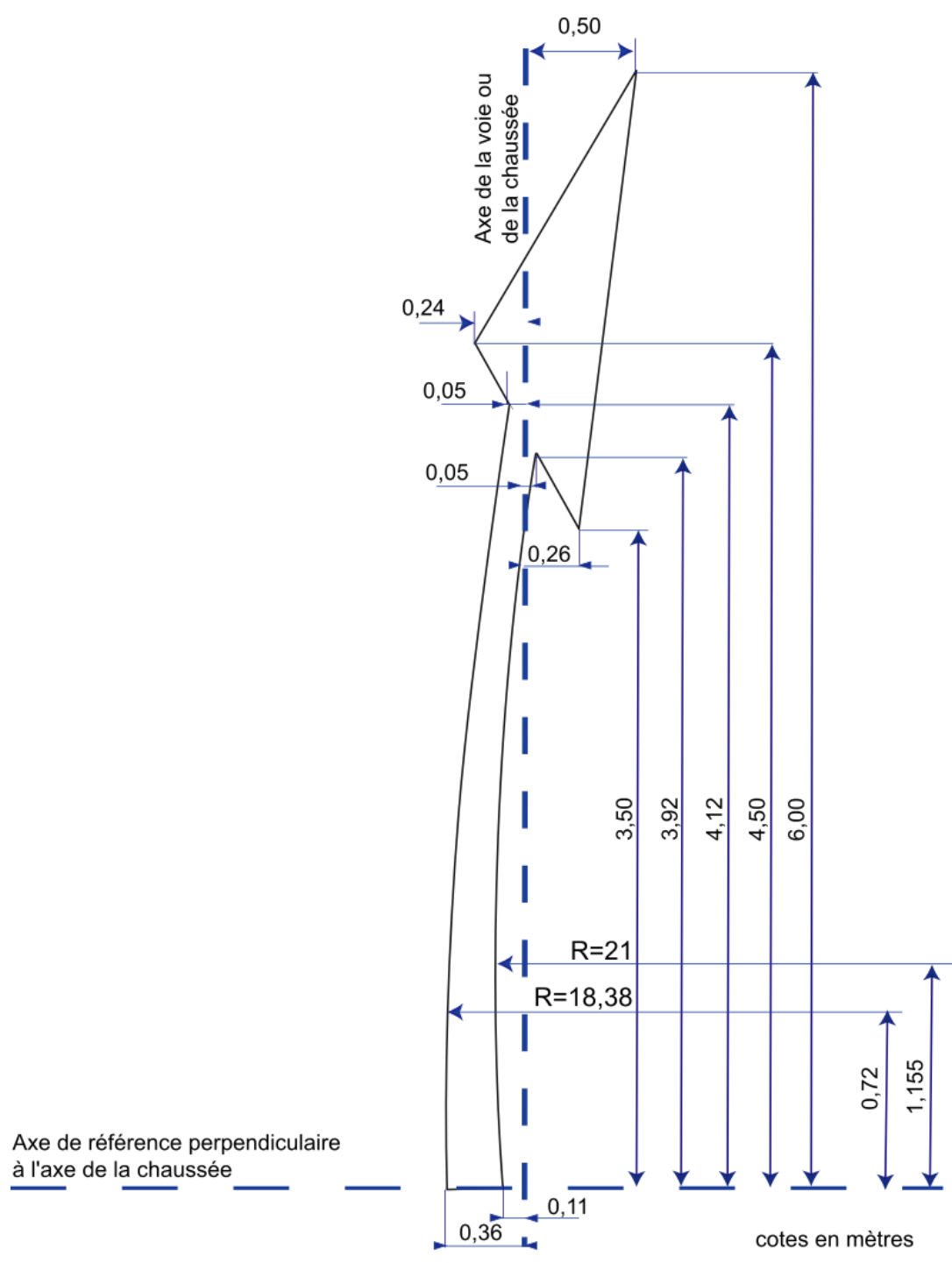


Figure 21 : Flèche de Signalisation 2

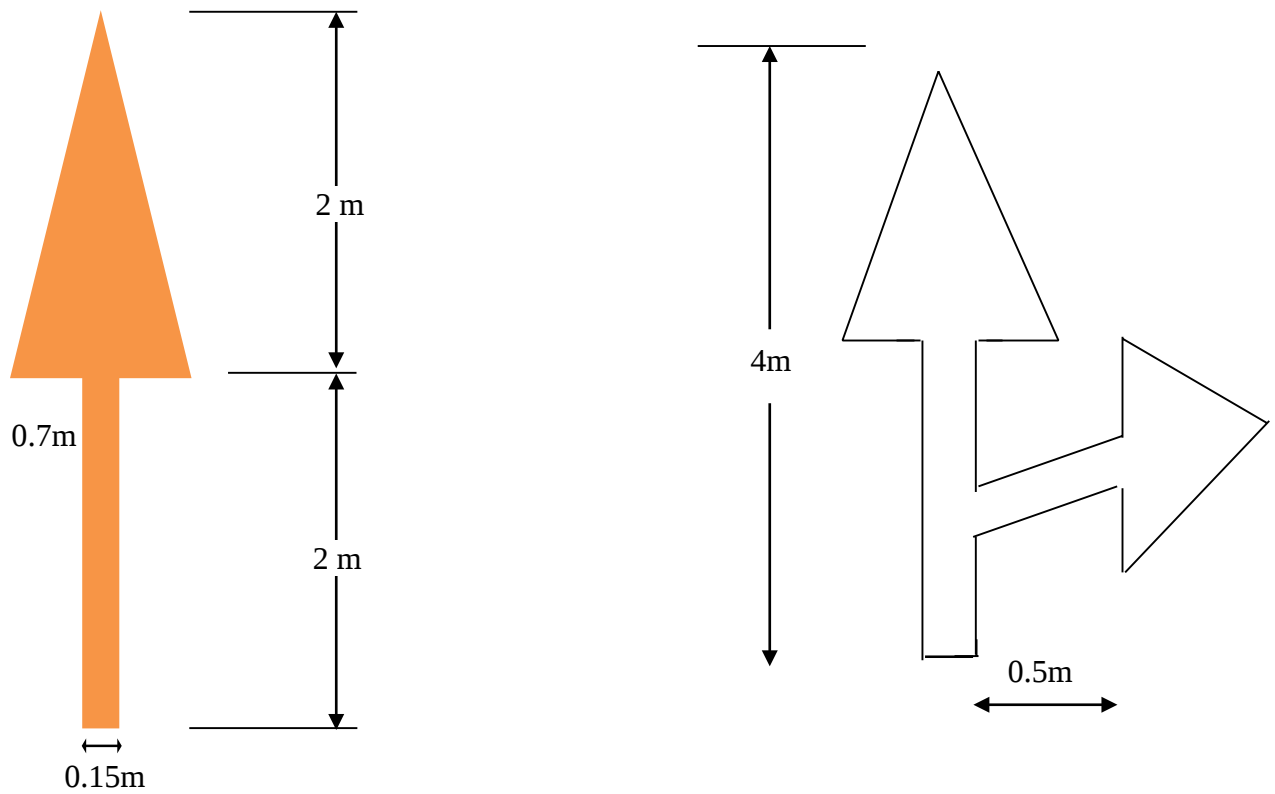


Figure 22 : Flèche de Sélection 3

IX.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 X: IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1. INTRODUCTION :

Ce projet est assujetti 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.

X.2. LA DEMARCHE 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.

X.3. OBJECTIFS ET PORTEE DE L'ETUDE 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.

X.4. ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES :

X.4.3. 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.

X.4.4. 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.

X.5. MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES :

X.5.5. MESURES D'ATTENUATION PARTICULIERES :

❖ 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.

X.5.6. MESURES D'ATTENUATION GENERALES :

- ✓ 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.

X.5.7. 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 autorisé.
- ✓ 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

X.6. 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 XI: **DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)**

Tableau 41 : Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
Installation et repliement de chantier	FT	FT	FT	FT
DEGAGEMENTS				
Débroussaillage, Evacuation de blocs rocheux et nettoyage de l'emprise	HA	23.32	943840	22 010 348.80
TERRE VEGETALE				
Décapage de terre végétale	m³	46642	250	11 660 500.00
DEBLAIS MIS EN REMBLAI				
Déblais meuble mis en remblai	m³	310991	850	264 342 350.00
DEBLAIS MIS EN DEPOT				
Déblais meuble mis en dépôt	m³	841608	550	462 884 400.00
ASSAINISSEMENT, RESEAUX ET PROTECTION HYDRAULIQUE :				
fossés trapézoïdale non revêtu de type A	ml	5650	700	3 955 000.00
Bétonnage de fossé type A	ml	5650	6700	37 855 000.00
Cunette triangulaire dissymétrique en béton armée	ml	2070	5700	11 799 000.00
TUYAUX CIRCULAIRES EN BETON SERIE 135A				
Diamètre 1500mm	ml	131	47000	6 157 000.00
Diamètre 2000mm	ml	164	69935	11 469 340.00
CHAUSSÉE :				
Grave non traité (GNT A0/31,5)	m³	29946	3000	89 838 000.00
Enrobé à module élevé(EME2)	Tonne	38115	7000	266 805 000.00
Couche de roulement en béton bitumineux module élevé (BBME 0/14)	Tonne	6048	7400	44 755 200.00
Couche d'imprégnation	m²	100800	100	10 080 000.00
Couche d'accrochage	m²	201600	90	18 144 000.00
DISPOSITIF DE RETENU EN BETON :				
Barriere en béton extrudé de type GBA	ml	9600	6600	63 360 000.00
Barriere en béton extrudé de type DBA	ml	4800	7500	36 000 000.00
SIGNALISATION HORIZONTALE :				
SIGNALISATION HORIZONTALE	ml	38400	590	22 656 000.00
			Montant HT	1 383 771 138.80
			TVA 19%	262 916 516.37
			Montant TTC	1 646 687 655.17

Le montant total est : Un milliard six cent quarante-six millions six cent quatre-vingt-sept mille six cent cinquante-cinq dinars et dix-sept centimes.

CONCLUSION

En effet, "le projet revêt un grand intérêt ", eu égard à son rôle stratégique dans le désengorgement de la circulation dans la région du "Grand Alger" et à son tracé traversant les territoires de 4 wilayas, reliant Kemis Miliana à Bordj Bou-Arréridj en passant par Médéa, Bouira et M'sila (...) Il réduira la pression sur les autres routes à grande circulation et permettra de faire la jonction entre les axes autoroutiers Est-Ouest et Nord-Ouest au niveau de la commune de Berrouaghia, un raccourci pour les usagers de la route et assurera une meilleure fluidité de la circulation sur les différents réseaux routiers du Centre".

ANNEXES

Tableau 8 : calcul des Déclivité cumulés variante N°01

N°	Abscisse curviligne	Distance		Altitude (m)	Déclivité (m)
		Partille (m)	Cumulée (m)		
1	17+300.00	0.00	0.00	445.407	
2	17+325.00	25.00	25.00	447.427	2.02
3	17+350.00	25.00	50.00	449.257	1.83
4	17+375.00	25.00	75.00	450.766	1.51
5	17+400.00	25.00	100.00	450.149	0.62
6	17+425.00	25.00	125.00	447.667	2.48
7	17+450.00	25.00	150.00	445.767	1.90
8	17+475.00	25.00	175.00	444.159	1.61
9	17+500.00	25.00	200.00	442.819	1.34
10	17+525.00	25.00	225.00	441.055	1.76
11	17+550.00	25.00	250.00	439.848	1.21
12	17+575.00	25.00	275.00	438.647	1.20
13	17+600.00	25.00	300.00	437.174	1.47
14	17+625.00	25.00	325.00	435.067	2.11
15	17+650.00	25.00	350.00	432.902	2.17
16	17+675.00	25.00	375.00	431.382	1.52
17	17+700.00	25.00	400.00	430.229	1.15
18	17+725.00	25.00	425.00	429.159	1.07
19	17+750.00	25.00	450.00	428.319	0.84
20	17+775.00	25.00	475.00	426.643	1.68
21	17+800.00	25.00	500.00	425.478	1.16
22	17+825.00	25.00	525.00	426.543	1.07
23	17+850.00	25.00	550.00	429.730	3.19
24	17+875.00	25.00	575.00	432.945	3.21
25	17+900.00	25.00	600.00	436.673	3.73
26	17+925.00	25.00	625.00	440.082	3.41
27	17+950.00	25.00	650.00	442.705	2.62
28	17+975.00	25.00	675.00	444.274	1.57
29	18+000.00	25.00	700.00	445.645	1.37
30	18+025.00	25.00	725.00	447.138	1.49
31	18+050.00	25.00	750.00	448.615	1.48
32	18+075.00	25.00	775.00	451.021	2.41
33	18+100.00	25.00	800.00	453.297	2.28
34	18+125.00	25.00	825.00	454.596	1.30
35	18+150.00	25.00	850.00	455.534	0.94
36	18+175.00	25.00	875.00	455.639	0.11
37	18+200.00	25.00	900.00	456.041	0.40
38	18+225.00	25.00	925.00	456.732	0.69
39	18+250.00	25.00	950.00	457.634	0.90
40	18+275.00	25.00	975.00	458.495	0.86

41	18+300.00	25.00	1000.00	459.326	0.83
42	18+325.00	25.00	1025.00	459.758	0.43
43	18+350.00	25.00	1050.00	459.910	0.15
44	18+375.00	25.00	1075.00	460.343	0.43
45	18+400.00	25.00	1100.00	462.792	2.45
46	18+425.00	25.00	1125.00	464.720	1.93
47	18+450.00	25.00	1150.00	465.246	0.53
48	18+475.00	25.00	1175.00	465.791	0.55
49	18+500.00	25.00	1200.00	465.489	0.30
50	18+525.00	25.00	1225.00	465.064	0.42
51	18+550.00	25.00	1250.00	464.964	0.10
52	18+575.00	25.00	1275.00	464.984	0.02
53	18+600.00	25.00	1300.00	464.777	0.21
54	18+625.00	25.00	1325.00	464.317	0.46
55	18+650.00	25.00	1350.00	464.457	0.14
56	18+675.00	25.00	1375.00	465.803	1.35
57	18+700.00	25.00	1400.00	467.425	1.62
58	18+725.00	25.00	1425.00	468.729	1.30
59	18+750.00	25.00	1450.00	470.079	1.35
60	18+775.00	25.00	1475.00	471.923	1.84
61	18+800.00	25.00	1500.00	473.828	1.90
62	18+825.00	25.00	1525.00	476.201	2.37
63	18+850.00	25.00	1550.00	477.441	1.24
64	18+875.00	25.00	1575.00	477.945	0.50
65	18+900.00	25.00	1600.00	477.884	0.06
66	18+925.00	25.00	1625.00	477.119	0.76
67	18+950.00	25.00	1650.00	476.012	1.11
68	18+975.00	25.00	1675.00	474.839	1.17
69	19+000.00	25.00	1700.00	473.457	1.38
70	19+025.00	25.00	1725.00	472.844	0.61
71	19+050.00	25.00	1750.00	473.252	0.41
72	19+075.00	25.00	1775.00	473.689	0.44
73	19+100.00	25.00	1800.00	473.641	0.05
74	19+125.00	25.00	1825.00	473.670	0.03
75	19+150.00	25.00	1850.00	473.829	0.16
76	19+175.00	25.00	1875.00	474.278	0.45
77	19+200.00	25.00	1900.00	475.119	0.84
78	19+225.00	25.00	1925.00	476.101	0.98
79	19+250.00	25.00	1950.00	477.319	1.22
80	19+275.00	25.00	1975.00	478.772	1.45
81	19+300.00	25.00	2000.00	479.938	1.17
82	19+325.00	25.00	2025.00	480.906	0.97
83	19+350.00	25.00	2050.00	481.565	0.66
84	19+375.00	25.00	2075.00	482.798	1.23
85	19+400.00	25.00	2100.00	484.278	1.48

86	19+425.00	25.00	2125.00	485.610	1.33
87	19+450.00	25.00	2150.00	486.896	1.29
88	19+475.00	25.00	2175.00	487.863	0.97
89	19+500.00	25.00	2200.00	488.480	0.62
90	19+525.00	25.00	2225.00	489.344	0.86
91	19+550.00	25.00	2250.00	490.502	1.16
92	19+575.00	25.00	2275.00	492.445	1.94
93	19+600.00	25.00	2300.00	493.808	1.36
94	19+625.00	25.00	2325.00	494.729	0.92
95	19+650.00	25.00	2350.00	495.509	0.78
96	19+675.00	25.00	2375.00	495.971	0.46
97	19+700.00	25.00	2400.00	496.978	1.01
98	19+725.00	25.00	2425.00	498.152	1.17
99	19+750.00	25.00	2450.00	499.124	0.97
100	19+775.00	25.00	2475.00	499.503	0.38
101	19+800.00	25.00	2500.00	499.864	0.36
102	19+825.00	25.00	2525.00	499.878	0.01
103	19+850.00	25.00	2550.00	500.165	0.29
104	19+875.00	25.00	2575.00	500.243	0.08
105	19+900.00	25.00	2600.00	499.511	0.73
106	19+925.00	25.00	2625.00	498.698	0.81
107	19+950.00	25.00	2650.00	498.273	0.42
108	19+975.00	25.00	2675.00	498.654	0.38
109	20+000.00	25.00	2700.00	499.238	0.58
110	20+025.00	25.00	2725.00	499.230	0.01
111	20+050.00	25.00	2750.00	498.625	0.61
112	20+075.00	25.00	2775.00	497.456	1.17
113	20+100.00	25.00	2800.00	496.157	1.30
114	20+125.00	25.00	2825.00	495.600	0.56
115	20+150.00	25.00	2850.00	496.260	0.66
116	20+175.00	25.00	2875.00	497.489	1.23
117	20+200.00	25.00	2900.00	498.400	0.91
118	20+225.00	25.00	2925.00	498.792	0.39
119	20+250.00	25.00	2950.00	498.539	0.25
120	20+275.00	25.00	2975.00	498.528	0.01
121	20+300.00	25.00	3000.00	499.133	0.60
122	20+325.00	25.00	3025.00	499.265	0.13
123	20+350.00	25.00	3050.00	498.132	1.13
124	20+375.00	25.00	3075.00	496.853	1.28
125	20+400.00	25.00	3100.00	498.160	1.31
126	20+425.00	25.00	3125.00	499.385	1.22
127	20+450.00	25.00	3150.00	500.840	1.45
128	20+475.00	25.00	3175.00	502.332	1.49
129	20+500.00	25.00	3200.00	503.845	1.51
130	20+525.00	25.00	3225.00	505.407	1.56

131	20+550.00	25.00	3250.00	507.332	1.93
132	20+575.00	25.00	3275.00	509.019	1.69
133	20+600.00	25.00	3300.00	510.766	1.75
134	20+625.00	25.00	3325.00	512.676	1.91
135	20+650.00	25.00	3350.00	514.859	2.18
136	20+675.00	25.00	3375.00	517.102	2.24
137	20+700.00	25.00	3400.00	518.855	1.75
138	20+725.00	25.00	3425.00	519.387	0.53
139	20+750.00	25.00	3450.00	520.045	0.66
140	20+775.00	25.00	3475.00	521.010	0.97
141	20+800.00	25.00	3500.00	522.184	1.17
142	20+825.00	25.00	3525.00	522.879	0.70
143	20+850.00	25.00	3550.00	517.876	5.00
144	20+875.00	25.00	3575.00	518.716	0.84
145	20+900.00	25.00	3600.00	522.533	3.82
146	20+925.00	25.00	3625.00	523.003	0.47
147	20+950.00	25.00	3650.00	524.150	1.15
148	20+975.00	25.00	3675.00	524.297	0.15
149	21+000.00	25.00	3700.00	525.831	1.53
150	21+025.00	25.00	3725.00	528.197	2.37
151	21+050.00	25.00	3750.00	529.195	1.00
152	21+075.00	25.00	3775.00	529.358	0.16
153	21+100.00	25.00	3800.00	528.756	0.60
154	21+125.00	25.00	3825.00	527.666	1.09
155	21+150.00	25.00	3850.00	525.211	2.46
156	21+175.00	25.00	3875.00	522.958	2.25
157	21+200.00	25.00	3900.00	517.418	5.54
158	21+225.00	25.00	3925.00	510.107	7.31
159	21+250.00	25.00	3950.00	505.766	4.34
160	21+275.00	25.00	3975.00	502.458	3.31
161	21+300.00	25.00	4000.00	500.207	2.25
162	21+325.00	25.00	4025.00	498.802	1.40
163	21+350.00	25.00	4050.00	495.944	2.86
164	21+375.00	25.00	4075.00	495.392	0.55
165	21+400.00	25.00	4100.00	494.764	0.63
166	21+425.00	25.00	4125.00	494.041	0.72
167	21+450.00	25.00	4150.00	494.425	0.38
168	21+475.00	25.00	4175.00	494.779	0.35
169	21+500.00	25.00	4200.00	494.739	0.04
170	21+525.00	25.00	4225.00	494.517	0.22
171	21+550.00	25.00	4250.00	495.239	0.72
172	21+575.00	25.00	4275.00	496.537	1.30
173	21+600.00	25.00	4300.00	497.730	1.19
174	21+625.00	25.00	4325.00	496.755	0.98
175	21+650.00	25.00	4350.00	494.689	2.07

176	21+675.00	25.00	4375.00	491.417	3.27
177	21+700.00	25.00	4400.00	490.238	1.18
178	21+725.00	25.00	4425.00	490.659	0.42
179	21+750.00	25.00	4450.00	495.052	4.39
180	21+775.00	25.00	4475.00	499.433	4.38
181	21+800.00	25.00	4500.00	502.401	2.97
182	21+825.00	25.00	4525.00	502.076	0.32
183	21+850.00	25.00	4550.00	499.840	2.24
184	21+875.00	25.00	4575.00	496.375	3.46
185	21+900.00	25.00	4600.00	491.853	4.52
186	21+925.00	25.00	4625.00	487.665	4.19
187	21+950.00	25.00	4650.00	481.934	5.73
188	21+975.00	25.00	4675.00	477.471	4.46
189	22+000.00	25.00	4700.00	471.024	6.45
190	22+025.00	25.00	4725.00	465.139	5.88
191	22+050.00	25.00	4750.00	460.469	4.67
192	22+051.60	1.60	4751.60	460.188	0.28
				H =	275.79
				H / L =	0.0580
				H / L % =	5.80

Tableau 19 : Tableau de cubature approchée de la variante 01

N°	Abscisse curviligne	Distance		Altitude		H (m)	Surface de déblai (m²)	Volume de déblai (m³)	Surface de remblai (m²)	Volume de remblai (m³)	R / D
		Partille (m)	Cumulée (m)	Projet (m)	TN (m)						
1	17+300.00	0.00	0.00	437.740	445.407	-7.667	308.984		0.000		D
2	17+325.00	25.00	25.00	437.362	447.427	-10.065	441.828	9385.153	0.000	0.000	D
3	17+350.00	25.00	50.00	436.984	449.257	-12.273	579.402	12765.382	0.000	0.000	D
4	17+375.00	25.00	75.00	436.606	450.766	-14.160	708.566	16099.607	0.000	0.000	D
5	17+400.00	25.00	100.00	436.228	450.149	-13.921	691.616	17502.282	0.000	0.000	D
6	17+425.00	25.00	125.00	435.850	447.667	-11.817	549.792	15517.600	0.000	0.000	D
7	17+450.00	25.00	150.00	435.472	445.767	-10.295	455.477	12565.855	0.000	0.000	D
8	17+475.00	25.00	175.00	435.094	444.159	-9.065	384.333	10497.623	0.000	0.000	D
9	17+500.00	25.00	200.00	434.716	442.819	-8.103	331.854	8952.346	0.000	0.000	D
10	17+525.00	25.00	225.00	434.355	441.055	-6.700	260.295	7401.866	0.000	0.000	D
11	17+550.00	25.00	250.00	434.054	439.848	-5.794	217.223	5968.973	0.000	0.000	D
12	17+575.00	25.00	275.00	433.815	438.647	-4.832	174.184	4892.585	0.000	0.000	D
13	17+600.00	25.00	300.00	433.639	437.174	-3.535	120.552	3684.203	0.000	0.000	D
14	17+625.00	25.00	325.00	433.525	435.067	-1.542	47.976	2106.607	0.000	0.000	D
15	17+650.00	25.00	350.00	433.474	432.902	0.572	0.000	599.703	1.793	22.417	R
16	17+675.00	25.00	375.00	433.485	431.382	2.103	0.000	0.000	43.609	567.527	R
17	17+700.00	25.00	400.00	433.559	430.229	3.330	0.000	0.000	82.197	1572.577	R
18	17+725.00	25.00	425.00	433.695	429.159	4.536	0.000	0.000	124.527	2584.051	R
19	17+750.00	25.00	450.00	433.894	428.319	5.575	0.000	0.000	164.493	3612.752	R

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

20	17+775.00	25.00	475.00	434.156	426.643	7.513	0.000	0.000	247.696	5152.364	R
21	17+800.00	25.00	500.00	434.479	425.478	9.001	0.000	0.000	319.225	7086.512	R
22	17+825.00	25.00	525.00	434.866	426.543	8.323	0.000	0.000	285.809	7562.934	R
23	17+850.00	25.00	550.00	435.314	429.730	5.584	0.000	0.000	164.854	5633.290	R
24	17+875.00	25.00	575.00	435.826	432.945	2.881	0.000	0.000	67.553	2905.079	R
25	17+900.00	25.00	600.00	436.400	436.673	-0.273	7.974	99.677	0.000	844.407	D
26	17+925.00	25.00	625.00	437.036	440.082	-3.046	101.642	1370.202	0.000	0.000	D
27	17+950.00	25.00	650.00	437.735	442.705	-4.970	180.187	3522.867	0.000	0.000	D
28	17+975.00	25.00	675.00	438.496	444.274	-5.778	216.484	4958.396	0.000	0.000	D
29	18+000.00	25.00	700.00	439.320	445.645	-6.325	242.168	5733.160	0.000	0.000	D
30	18+025.00	25.00	725.00	440.206	447.138	-6.932	271.721	6423.612	0.000	0.000	D
31	18+050.00	25.00	750.00	441.155	448.615	-7.460	298.325	7125.574	0.000	0.000	D
32	18+075.00	25.00	775.00	442.139	451.021	-8.882	374.136	8405.774	0.000	0.000	D
33	18+100.00	25.00	800.00	443.124	453.297	-10.173	448.217	10279.422	0.000	0.000	D
34	18+125.00	25.00	825.00	444.109	454.596	-10.487	466.991	11440.108	0.000	0.000	D
35	18+150.00	25.00	850.00	445.093	455.534	-10.441	464.223	11640.173	0.000	0.000	D
36	18+175.00	25.00	875.00	446.078	455.639	-9.561	412.476	10958.730	0.000	0.000	D
37	18+200.00	25.00	900.00	447.063	456.041	-8.978	379.473	9899.363	0.000	0.000	D
38	18+225.00	25.00	925.00	448.047	456.732	-8.685	363.272	9284.312	0.000	0.000	D
39	18+250.00	25.00	950.00	449.032	457.634	-8.602	358.729	9025.013	0.000	0.000	D
40	18+275.00	25.00	975.00	450.017	458.495	-8.478	351.981	8883.879	0.000	0.000	D
41	18+300.00	25.00	1000.00	451.001	459.326	-8.325	343.718	8696.245	0.000	0.000	D
42	18+325.00	25.00	1025.00	451.986	459.758	-7.772	314.440	8226.975	0.000	0.000	D
43	18+350.00	25.00	1050.00	452.971	459.910	-6.939	272.068	7331.342	0.000	0.000	D
44	18+375.00	25.00	1075.00	453.955	460.343	-6.388	245.184	6465.650	0.000	0.000	D
45	18+400.00	25.00	1100.00	454.940	462.792	-7.852	318.618	7047.533	0.000	0.000	D
46	18+425.00	25.00	1125.00	455.925	464.720	-8.795	369.324	8599.281	0.000	0.000	D
47	18+450.00	25.00	1150.00	456.909	465.246	-8.337	344.364	8921.100	0.000	0.000	D
48	18+475.00	25.00	1175.00	457.894	465.791	-7.897	320.978	8316.768	0.000	0.000	D
49	18+500.00	25.00	1200.00	458.879	465.489	-6.610	255.906	7211.046	0.000	0.000	D
50	18+525.00	25.00	1225.00	459.863	465.064	-5.201	190.364	5578.382	0.000	0.000	D
51	18+550.00	25.00	1250.00	460.848	464.964	-4.116	143.953	4178.967	0.000	0.000	D
52	18+575.00	25.00	1275.00	461.833	464.984	-3.151	105.642	3119.937	0.000	0.000	D
53	18+600.00	25.00	1300.00	462.817	464.777	-1.960	62.210	2098.155	0.000	0.000	D
54	18+625.00	25.00	1325.00	463.802	464.317	-0.515	15.230	968.003	0.000	0.000	D
55	18+650.00	25.00	1350.00	464.787	464.457	0.330	0.000	190.373	-4.173	-52.158	R
56	18+675.00	25.00	1375.00	465.771	465.803	-0.032	0.923	11.539	0.000	-52.158	D
57	18+700.00	25.00	1400.00	466.756	467.425	-0.669	19.939	260.771	0.000	0.000	D
58	18+725.00	25.00	1425.00	467.741	468.729	-0.988	29.919	623.214	0.000	0.000	D
59	18+750.00	25.00	1450.00	468.725	470.079	-1.354	41.745	895.797	0.000	0.000	D
60	18+775.00	25.00	1475.00	469.710	471.923	-2.213	71.080	1410.320	0.000	0.000	D
61	18+800.00	25.00	1500.00	470.695	473.828	-3.133	104.954	2200.430	0.000	0.000	D
62	18+825.00	25.00	1525.00	471.672	476.201	-4.529	161.203	3326.961	0.000	0.000	D
63	18+850.00	25.00	1550.00	472.596	477.441	-4.845	174.747	4199.375	0.000	0.000	D
64	18+875.00	25.00	1575.00	473.457	477.945	-4.488	159.468	4177.683	0.000	0.000	D
65	18+900.00	25.00	1600.00	474.256	477.884	-3.628	124.230	3546.220	0.000	0.000	D
66	18+925.00	25.00	1625.00	474.992	477.119	-2.127	68.044	2403.422	0.000	0.000	D

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

67	18+950.00	25.00	1650.00	475.674	476.012	-0.338	9.906	974.369	0.000	0.000	D
68	18+975.00	25.00	1675.00	476.349	474.839	1.510	0.000	123.822	26.578	332.227	R
69	19+000.00	25.00	1700.00	477.024	473.457	3.567	0.000	0.000	90.171	1459.369	R
70	19+025.00	25.00	1725.00	477.699	472.844	4.855	0.000	0.000	136.453	2832.805	R
71	19+050.00	25.00	1750.00	478.375	473.252	5.123	0.000	0.000	146.709	3539.520	R
72	19+075.00	25.00	1775.00	479.050	473.689	5.361	0.000	0.000	155.997	3783.817	R
73	19+100.00	25.00	1800.00	479.725	473.641	6.084	0.000	0.000	185.255	4265.645	R
74	19+125.00	25.00	1825.00	480.400	473.670	6.730	0.000	0.000	212.723	4974.727	R
75	19+150.00	25.00	1850.00	481.075	473.829	7.246	0.000	0.000	235.564	5603.587	R
76	19+175.00	25.00	1875.00	481.750	474.278	7.472	0.000	0.000	245.819	6017.279	R
77	19+200.00	25.00	1900.00	482.425	475.119	7.306	0.000	0.000	238.271	6051.125	R
78	19+225.00	25.00	1925.00	483.100	476.101	6.999	0.000	0.000	224.531	5785.024	R
79	19+250.00	25.00	1950.00	483.776	477.319	6.457	0.000	0.000	200.962	5318.663	R
80	19+275.00	25.00	1975.00	484.451	478.772	5.679	0.000	0.000	168.672	4620.433	R
81	19+300.00	25.00	2000.00	485.126	479.938	5.188	0.000	0.000	149.228	3973.758	R
82	19+325.00	25.00	2025.00	485.801	480.906	4.895	0.000	0.000	137.970	3589.981	R
83	19+350.00	25.00	2050.00	486.476	481.565	4.911	0.000	0.000	138.578	3456.853	R
84	19+375.00	25.00	2075.00	487.151	482.798	4.353	0.000	0.000	117.823	3205.012	R
85	19+400.00	25.00	2100.00	487.826	484.278	3.548	0.000	0.000	89.526	2591.858	R
86	19+425.00	25.00	2125.00	488.501	485.610	2.891	0.000	0.000	67.872	1967.475	R
87	19+450.00	25.00	2150.00	489.177	486.896	2.281	0.000	0.000	48.927	1459.986	R
88	19+475.00	25.00	2175.00	489.852	487.863	1.989	0.000	0.000	40.253	1114.745	R
89	19+500.00	25.00	2200.00	490.527	488.480	2.047	0.000	0.000	41.955	1027.604	R
90	19+525.00	25.00	2225.00	491.202	489.344	1.858	0.000	0.000	36.445	980.001	R
91	19+550.00	25.00	2250.00	491.877	490.502	1.375	0.000	0.000	22.848	741.164	R
92	19+575.00	25.00	2275.00	492.552	492.445	0.107	0.000	0.000	-9.515	166.671	R
93	19+600.00	25.00	2300.00	493.227	493.808	-0.581	17.239	215.489	0.000	-118.934	D
94	19+625.00	25.00	2325.00	493.902	494.729	-0.827	24.843	526.033	0.000	0.000	D
95	19+650.00	25.00	2350.00	494.578	495.509	-0.931	28.113	661.955	0.000	0.000	D
96	19+675.00	25.00	2375.00	495.253	495.971	-0.718	21.452	619.558	0.000	0.000	D
97	19+700.00	25.00	2400.00	495.928	496.978	-1.050	31.894	666.818	0.000	0.000	D
98	19+725.00	25.00	2425.00	496.603	498.152	-1.549	48.210	1001.301	0.000	0.000	D
99	19+750.00	25.00	2450.00	497.278	499.124	-1.846	58.276	1331.083	0.000	0.000	D
100	19+775.00	25.00	2475.00	497.953	499.503	-1.550	48.244	1331.502	0.000	0.000	D
101	19+800.00	25.00	2500.00	498.628	499.864	-1.236	37.888	1076.651	0.000	0.000	D
102	19+825.00	25.00	2525.00	499.303	499.878	-0.575	17.056	686.804	0.000	0.000	D
103	19+850.00	25.00	2550.00	499.979	500.165	-0.186	5.409	280.808	0.000	0.000	D
104	19+875.00	25.00	2575.00	500.654	500.243	0.411	0.000	67.609	-2.195	-27.441	R
105	19+900.00	25.00	2600.00	501.329	499.511	1.818	0.000	0.000	35.292	413.710	R
106	19+925.00	25.00	2625.00	502.004	498.698	3.306	0.000	0.000	81.399	1458.642	R
107	19+950.00	25.00	2650.00	502.679	498.273	4.406	0.000	0.000	119.754	2514.416	R
108	19+975.00	25.00	2675.00	503.354	498.654	4.700	0.000	0.000	130.620	3129.676	R
109	20+000.00	25.00	2700.00	504.029	499.238	4.791	0.000	0.000	134.036	3308.198	R
110	20+025.00	25.00	2725.00	504.704	499.230	5.474	0.000	0.000	160.466	3681.275	R
111	20+050.00	25.00	2750.00	505.380	498.625	6.755	0.000	0.000	213.812	4678.472	R
112	20+075.00	25.00	2775.00	506.055	497.456	8.599	0.000	0.000	299.246	6413.218	R
113	20+100.00	25.00	2800.00	506.730	496.157	10.573	0.000	0.000	402.008	8765.679	R

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

114	20+125.00	25.00	2825.00	507.405	495.600	11.805	0.000	0.000	472.069	10925.962	R
115	20+150.00	25.00	2850.00	508.080	496.260	11.820	0.000	0.000	472.950	11812.727	R
116	20+175.00	25.00	2875.00	508.755	497.489	11.266	0.000	0.000	440.857	11422.582	R
117	20+200.00	25.00	2900.00	509.430	498.400	11.030	0.000	0.000	427.465	10854.029	R
118	20+225.00	25.00	2925.00	510.105	498.792	11.313	0.000	0.000	443.544	10887.615	R
119	20+250.00	25.00	2950.00	510.780	498.539	12.241	0.000	0.000	497.953	11768.716	R
120	20+275.00	25.00	2975.00	511.447	498.528	12.919	0.000	0.000	539.339	12966.150	R
121	20+300.00	25.00	3000.00	512.075	499.133	12.942	0.000	0.000	540.767	13501.315	R
122	20+325.00	25.00	3025.00	512.661	499.265	13.396	0.000	0.000	569.281	13875.596	R
123	20+350.00	25.00	3050.00	513.205	498.132	15.073	0.000	0.000	679.969	15615.624	R
124	20+375.00	25.00	3075.00	513.708	496.853	16.855	0.000	0.000	806.833	18585.024	R
125	20+400.00	25.00	3100.00	514.169	498.160	16.009	0.000	0.000	745.417	19403.123	R
126	20+425.00	25.00	3125.00	514.588	499.385	15.203	0.000	0.000	688.902	17928.982	R
127	20+450.00	25.00	3150.00	514.965	500.840	14.125	0.000	0.000	616.361	16315.783	R
128	20+475.00	25.00	3175.00	515.301	502.332	12.969	0.000	0.000	542.445	14485.076	R
129	20+500.00	25.00	3200.00	515.596	503.845	11.751	0.000	0.000	468.902	12641.843	R
130	20+525.00	25.00	3225.00	515.848	505.407	10.441	0.000	0.000	394.772	10795.929	R
131	20+550.00	25.00	3250.00	516.059	507.332	8.727	0.000	0.000	305.555	8754.086	R
132	20+575.00	25.00	3275.00	516.229	509.019	7.210	0.000	0.000	233.944	6743.738	R
133	20+600.00	25.00	3300.00	516.356	510.766	5.590	0.000	0.000	165.094	4987.979	R
134	20+625.00	25.00	3325.00	516.442	512.676	3.766	0.000	0.000	96.997	3276.139	R
135	20+650.00	25.00	3350.00	516.486	514.859	1.627	0.000	0.000	29.855	1585.647	R
136	20+675.00	25.00	3375.00	516.489	517.102	-0.613	18.218	227.726	0.000	373.185	D
137	20+700.00	25.00	3400.00	516.450	518.855	-2.405	77.940	1201.976	0.000	0.000	D
138	20+725.00	25.00	3425.00	516.369	519.387	-3.018	100.581	2231.512	0.000	0.000	D
139	20+750.00	25.00	3450.00	516.247	520.045	-3.798	131.020	2895.006	0.000	0.000	D
140	20+775.00	25.00	3475.00	516.083	521.010	-4.927	178.311	3866.627	0.000	0.000	D
141	20+800.00	25.00	3500.00	515.877	522.184	-6.307	241.309	5245.245	0.000	0.000	D
142	20+825.00	25.00	3525.00	515.630	522.879	-7.249	287.593	6611.277	0.000	0.000	D
143	20+850.00	25.00	3550.00	515.341	517.876	-2.535	82.647	4628.007	0.000	0.000	D
144	20+875.00	25.00	3575.00	515.010	518.716	-3.706	127.334	2624.772	0.000	0.000	D
145	20+900.00	25.00	3600.00	514.638	522.533	-7.895	320.873	5602.587	0.000	0.000	D
146	20+925.00	25.00	3625.00	514.223	523.003	-8.780	368.497	8617.114	0.000	0.000	D
147	20+950.00	25.00	3650.00	513.768	524.150	-10.382	460.680	10364.714	0.000	0.000	D
148	20+975.00	25.00	3675.00	513.270	524.297	-11.027	499.970	12008.127	0.000	0.000	D
149	21+000.00	25.00	3700.00	512.731	525.831	-13.100	634.695	14183.309	0.000	0.000	D
150	21+025.00	25.00	3725.00	512.151	528.197	-16.046	848.336	18537.887	0.000	0.000	D
151	21+050.00	25.00	3750.00	511.528	529.195	-17.667	976.994	22816.624	0.000	0.000	D
152	21+075.00	25.00	3775.00	510.864	529.358	-18.494	1045.669	25283.290	0.000	0.000	D
153	21+100.00	25.00	3800.00	510.158	528.756	-18.598	1054.451	26251.501	0.000	0.000	D
154	21+125.00	25.00	3825.00	509.411	527.666	-18.255	1025.612	26000.779	0.000	0.000	D
155	21+150.00	25.00	3850.00	508.622	525.211	-16.589	890.556	23952.089	0.000	0.000	D
156	21+175.00	25.00	3875.00	507.791	522.958	-15.167	781.866	20905.275	0.000	0.000	D
157	21+200.00	25.00	3900.00	506.919	517.418	-10.499	467.715	15619.764	0.000	0.000	D
158	21+225.00	25.00	3925.00	506.005	510.107	-4.102	143.377	7638.649	0.000	0.000	D
159	21+250.00	25.00	3950.00	505.049	505.766	-0.717	21.421	2059.974	0.000	0.000	D
160	21+275.00	25.00	3975.00	504.052	502.458	1.594	0.000	267.759	28.926	361.581	R

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

161	21+300.00	25.00	4000.00	503.013	500.207	2.806	0.000	0.000	65.165	1176.146	R
162	21+325.00	25.00	4025.00	501.932	498.802	3.130	0.000	0.000	75.599	1759.558	R
163	21+350.00	25.00	4050.00	500.810	495.944	4.866	0.000	0.000	136.870	2655.864	R
164	21+375.00	25.00	4075.00	499.646	495.392	4.254	0.000	0.000	114.238	3138.846	R
165	21+400.00	25.00	4100.00	498.440	494.764	3.676	0.000	0.000	93.895	2601.665	R
166	21+425.00	25.00	4125.00	497.193	494.041	3.152	0.000	0.000	76.319	2127.681	R
167	21+450.00	25.00	4150.00	495.903	494.425	1.478	0.000	0.000	25.689	1275.105	R
168	21+475.00	25.00	4175.00	494.573	494.779	-0.206	5.996	74.956	0.000	321.114	D
169	21+500.00	25.00	4200.00	493.200	494.739	-1.539	47.876	673.405	0.000	0.000	D
170	21+525.00	25.00	4225.00	491.786	494.517	-2.731	89.840	1721.454	0.000	0.000	D
171	21+550.00	25.00	4250.00	490.331	495.239	-4.908	177.483	3341.543	0.000	0.000	D
172	21+575.00	25.00	4275.00	488.833	496.537	-7.704	310.903	6104.821	0.000	0.000	D
173	21+600.00	25.00	4300.00	487.297	497.730	-10.433	463.742	9683.053	0.000	0.000	D
174	21+625.00	25.00	4325.00	485.752	496.755	-11.003	498.485	12027.838	0.000	0.000	D
175	21+650.00	25.00	4350.00	484.207	494.689	-10.482	466.690	12064.694	0.000	0.000	D
176	21+675.00	25.00	4375.00	482.662	491.417	-8.755	367.119	10422.614	0.000	0.000	D
177	21+700.00	25.00	4400.00	481.117	490.238	-9.121	387.474	9432.410	0.000	0.000	D
178	21+725.00	25.00	4425.00	479.572	490.659	-11.087	503.688	11139.521	0.000	0.000	D
179	21+750.00	25.00	4450.00	478.028	495.052	-17.024	925.016	17858.800	0.000	0.000	D
180	21+775.00	25.00	4475.00	476.483	499.433	-22.950	1451.014	29700.373	0.000	0.000	D
181	21+800.00	25.00	4500.00	474.938	502.401	-27.463	1922.259	42165.909	0.000	0.000	D
182	21+825.00	25.00	4525.00	473.393	502.076	-28.683	2060.142	49780.014	0.000	0.000	D
183	21+850.00	25.00	4550.00	471.848	499.840	-27.992	1981.498	50520.498	0.000	0.000	D
184	21+875.00	25.00	4575.00	470.303	496.375	-26.072	1770.497	46899.938	0.000	0.000	D
185	21+900.00	25.00	4600.00	468.758	491.853	-23.095	1465.205	40446.274	0.000	0.000	D
186	21+925.00	25.00	4625.00	467.213	487.665	-20.452	1216.444	33520.607	0.000	0.000	D
187	21+950.00	25.00	4650.00	465.668	481.934	-16.266	865.335	26022.237	0.000	0.000	D
188	21+975.00	25.00	4675.00	464.124	477.471	-13.347	651.607	18961.777	0.000	0.000	D
189	22+000.00	25.00	4700.00	462.579	471.024	-8.445	350.193	12522.503	0.000	0.000	D
190	22+025.00	25.00	4725.00	461.034	465.139	-4.105	143.501	6171.170	0.000	0.000	D
191	22+050.00	25.00	4750.00	459.489	460.469	-0.980	29.665	2164.564	0.000	0.000	D
192	22+051.60	1.60	4751.60	459.390	460.188	-0.798	23.938	42.882	0.000	0.000	D
								1 089 664.79		425440.240	

Tableau 23 : calcul des déclivités cumulés variante N°02

N°	Abscisse curviligne	Distance		Altitude (m)	Pourcentage de pente (%)
		Partille (m)	Cumulée (m)		
1	17+300.00	0.00	0.00	445.41	
2	17+325.00	25.00	25.00	447.31	1.90
3	17+350.00	25.00	50.00	449.09	1.78
4	17+375.00	25.00	75.00	450.66	1.57
5	17+400.00	25.00	100.00	450.62	0.04
6	17+425.00	25.00	125.00	447.93	2.70
7	17+450.00	25.00	150.00	446.22	1.70
8	17+475.00	25.00	175.00	444.44	1.78
9	17+500.00	25.00	200.00	442.85	1.59
10	17+525.00	25.00	225.00	441.57	1.29
11	17+550.00	25.00	250.00	440.41	1.16
12	17+575.00	25.00	275.00	439.24	1.17
13	17+600.00	25.00	300.00	438.07	1.18
14	17+625.00	25.00	325.00	435.60	2.47
15	17+650.00	25.00	350.00	433.25	2.34
16	17+675.00	25.00	375.00	431.88	1.38
17	17+700.00	25.00	400.00	430.67	1.21
18	17+725.00	25.00	425.00	429.57	1.09
19	17+750.00	25.00	450.00	428.37	1.20
20	17+775.00	25.00	475.00	426.63	1.74
21	17+800.00	25.00	500.00	425.52	1.11
22	17+825.00	25.00	525.00	427.07	1.55
23	17+850.00	25.00	550.00	430.12	3.04
24	17+875.00	25.00	575.00	433.33	3.22
25	17+900.00	25.00	600.00	437.21	3.88
26	17+925.00	25.00	625.00	440.36	3.14
27	17+950.00	25.00	650.00	442.96	2.60
28	17+975.00	25.00	675.00	444.56	1.60
29	18+000.00	25.00	700.00	445.93	1.37
30	18+025.00	25.00	725.00	447.28	1.35
31	18+050.00	25.00	750.00	448.70	1.42
32	18+075.00	25.00	775.00	450.13	1.43
33	18+100.00	25.00	800.00	450.99	0.86
34	18+125.00	25.00	825.00	451.64	0.64
35	18+150.00	25.00	850.00	452.11	0.47
36	18+175.00	25.00	875.00	451.78	0.33

37	18+200.00	25.00	900.00	451.33	0.45
38	18+225.00	25.00	925.00	451.83	0.50
39	18+250.00	25.00	950.00	452.78	0.95
40	18+275.00	25.00	975.00	453.49	0.71
41	18+300.00	25.00	1000.00	454.45	0.96
42	18+325.00	25.00	1025.00	455.82	1.37
43	18+350.00	25.00	1050.00	458.02	2.19
44	18+375.00	25.00	1075.00	459.56	1.55
45	18+400.00	25.00	1100.00	459.52	0.05
46	18+425.00	25.00	1125.00	458.33	1.19
47	18+450.00	25.00	1150.00	457.61	0.72
48	18+475.00	25.00	1175.00	457.86	0.25
49	18+500.00	25.00	1200.00	458.71	0.86
50	18+525.00	25.00	1225.00	459.27	0.55
51	18+550.00	25.00	1250.00	458.84	0.43
52	18+575.00	25.00	1275.00	457.82	1.02
53	18+600.00	25.00	1300.00	459.12	1.30
54	18+625.00	25.00	1325.00	460.93	1.81
55	18+650.00	25.00	1350.00	462.83	1.89
56	18+675.00	25.00	1375.00	464.48	1.65
57	18+700.00	25.00	1400.00	466.44	1.97
58	18+725.00	25.00	1425.00	468.33	1.88
59	18+750.00	25.00	1450.00	470.05	1.73
60	18+775.00	25.00	1475.00	471.67	1.62
61	18+800.00	25.00	1500.00	473.30	1.62
62	18+825.00	25.00	1525.00	475.46	2.16
63	18+850.00	25.00	1550.00	479.01	3.56
64	18+875.00	25.00	1575.00	477.55	1.46
65	18+900.00	25.00	1600.00	477.64	0.09
66	18+925.00	25.00	1625.00	477.64	0.01
67	18+950.00	25.00	1650.00	476.90	0.74
68	18+975.00	25.00	1675.00	475.76	1.14
69	19+000.00	25.00	1700.00	474.52	1.24
70	19+025.00	25.00	1725.00	473.05	1.47
71	19+050.00	25.00	1750.00	472.04	1.02
72	19+075.00	25.00	1775.00	471.99	0.05
73	19+100.00	25.00	1800.00	472.08	0.09
74	19+125.00	25.00	1825.00	471.94	0.13
75	19+150.00	25.00	1850.00	471.73	0.22
76	19+175.00	25.00	1875.00	472.63	0.90
77	19+200.00	25.00	1900.00	473.75	1.12

78	19+225.00	25.00	1925.00	474.73	0.99
79	19+250.00	25.00	1950.00	475.78	1.04
80	19+275.00	25.00	1975.00	476.51	0.74
81	19+300.00	25.00	2000.00	477.17	0.66
82	19+325.00	25.00	2025.00	477.69	0.52
83	19+350.00	25.00	2050.00	478.44	0.75
84	19+375.00	25.00	2075.00	479.60	1.16
85	19+400.00	25.00	2100.00	480.96	1.36
86	19+425.00	25.00	2125.00	482.29	1.33
87	19+450.00	25.00	2150.00	483.68	1.39
88	19+475.00	25.00	2175.00	485.58	1.90
89	19+500.00	25.00	2200.00	487.35	1.77
90	19+525.00	25.00	2225.00	488.85	1.50
91	19+550.00	25.00	2250.00	490.13	1.28
92	19+575.00	25.00	2275.00	491.31	1.19
93	19+600.00	25.00	2300.00	492.26	0.95
94	19+625.00	25.00	2325.00	493.31	1.05
95	19+650.00	25.00	2350.00	493.87	0.56
96	19+675.00	25.00	2375.00	494.09	0.22
97	19+700.00	25.00	2400.00	494.72	0.63
98	19+725.00	25.00	2425.00	494.99	0.27
99	19+750.00	25.00	2450.00	495.59	0.61
100	19+775.00	25.00	2475.00	495.51	0.09
101	19+800.00	25.00	2500.00	495.35	0.16
102	19+825.00	25.00	2525.00	495.05	0.30
103	19+850.00	25.00	2550.00	495.12	0.07
104	19+875.00	25.00	2575.00	494.49	0.62
105	19+900.00	25.00	2600.00	494.03	0.47
106	19+925.00	25.00	2625.00	493.74	0.28
107	19+950.00	25.00	2650.00	494.14	0.40
108	19+975.00	25.00	2675.00	494.48	0.33
109	20+000.00	25.00	2700.00	495.09	0.62
110	20+025.00	25.00	2725.00	494.63	0.46
111	20+050.00	25.00	2750.00	492.95	1.68
112	20+075.00	25.00	2775.00	492.21	0.74
113	20+100.00	25.00	2800.00	492.57	0.36
114	20+125.00	25.00	2825.00	493.22	0.65
115	20+150.00	25.00	2850.00	494.74	1.52
116	20+175.00	25.00	2875.00	495.81	1.07
117	20+200.00	25.00	2900.00	494.96	0.86
118	20+225.00	25.00	2925.00	494.03	0.93

119	20+250.00	25.00	2950.00	492.62	1.41
120	20+275.00	25.00	2975.00	492.78	0.16
121	20+300.00	25.00	3000.00	493.14	0.36
122	20+325.00	25.00	3025.00	494.00	0.86
123	20+350.00	25.00	3050.00	495.03	1.02
124	20+375.00	25.00	3075.00	496.35	1.32
125	20+400.00	25.00	3100.00	497.62	1.28
126	20+425.00	25.00	3125.00	498.76	1.14
127	20+450.00	25.00	3150.00	499.53	0.76
128	20+475.00	25.00	3175.00	499.58	0.05
129	20+500.00	25.00	3200.00	500.76	1.18
130	20+525.00	25.00	3225.00	501.05	0.29
131	20+550.00	25.00	3250.00	502.14	1.09
132	20+575.00	25.00	3275.00	503.67	1.53
133	20+600.00	25.00	3300.00	504.87	1.20
134	20+625.00	25.00	3325.00	506.00	1.13
135	20+650.00	25.00	3350.00	507.01	1.01
136	20+675.00	25.00	3375.00	508.36	1.35
137	20+700.00	25.00	3400.00	509.58	1.22
138	20+725.00	25.00	3425.00	510.97	1.40
139	20+750.00	25.00	3450.00	512.07	1.09
140	20+775.00	25.00	3475.00	513.07	1.00
141	20+800.00	25.00	3500.00	514.66	1.59
142	20+825.00	25.00	3525.00	516.02	1.36
143	20+850.00	25.00	3550.00	517.34	1.32
144	20+875.00	25.00	3575.00	517.93	0.59
145	20+900.00	25.00	3600.00	515.97	1.96
146	20+925.00	25.00	3625.00	509.32	6.65
147	20+950.00	25.00	3650.00	509.89	0.57
148	20+975.00	25.00	3675.00	513.11	3.22
149	21+000.00	25.00	3700.00	515.50	2.39
150	21+025.00	25.00	3725.00	515.35	0.15
151	21+050.00	25.00	3750.00	516.49	1.14
152	21+075.00	25.00	3775.00	519.36	2.88
153	21+100.00	25.00	3800.00	524.79	5.43
154	21+125.00	25.00	3825.00	527.88	3.08
155	21+150.00	25.00	3850.00	528.36	0.49
156	21+175.00	25.00	3875.00	526.24	2.12
157	21+200.00	25.00	3900.00	522.32	3.92
158	21+225.00	25.00	3925.00	517.71	4.61
159	21+250.00	25.00	3950.00	510.96	6.74

160	21+275.00	25.00	3975.00	505.14	5.82
161	21+300.00	25.00	4000.00	501.61	3.53
162	21+325.00	25.00	4025.00	499.01	2.60
163	21+350.00	25.00	4050.00	496.26	2.75
164	21+375.00	25.00	4075.00	493.90	2.36
165	21+400.00	25.00	4100.00	492.40	1.50
166	21+425.00	25.00	4125.00	491.25	1.14
167	21+450.00	25.00	4150.00	491.37	0.12
168	21+475.00	25.00	4175.00	491.44	0.07
169	21+500.00	25.00	4200.00	491.54	0.10
170	21+525.00	25.00	4225.00	492.16	0.62
171	21+550.00	25.00	4250.00	491.89	0.27
172	21+575.00	25.00	4275.00	491.88	0.01
173	21+600.00	25.00	4300.00	492.69	0.81
174	21+625.00	25.00	4325.00	493.53	0.84
175	21+650.00	25.00	4350.00	494.04	0.50
176	21+675.00	25.00	4375.00	493.16	0.87
177	21+700.00	25.00	4400.00	491.43	1.74
178	21+725.00	25.00	4425.00	487.66	3.77
179	21+750.00	25.00	4450.00	489.16	1.50
180	21+775.00	25.00	4475.00	491.13	1.97
181	21+800.00	25.00	4500.00	494.87	3.73
182	21+825.00	25.00	4525.00	498.64	3.77
183	21+850.00	25.00	4550.00	501.79	3.15
184	21+875.00	25.00	4575.00	501.51	0.28
185	21+900.00	25.00	4600.00	498.30	3.21
186	21+925.00	25.00	4625.00	493.30	5.01
187	21+950.00	25.00	4650.00	489.71	3.59
188	21+975.00	25.00	4675.00	486.71	3.00
189	22+000.00	25.00	4700.00	481.60	5.11
190	22+025.00	25.00	4725.00	477.30	4.30
191	22+050.00	25.00	4750.00	471.05	6.25
192	22+075.00	25.00	4775.00	465.15	5.89
193	22+100.00	25.00	4800.00	460.46	4.69
194	22+101.54	1.54	4801.54	460.19	0.27
				H =	292.60
				H / L =	0.0610
				H / L % =	6.10

Tableau 24 : Tableau de cubature approchée de la variante 02

N°	Abscisse curviligne	Distance		Altitude		H (m)	Surface de déblai (m²)	Volume de déblai (m³)	Surface de remblai (m²)	Volume de remblai (m³)	R / D
		Partille (m)	Cumulée (m)	Projet (m)	TN (m)						
1	17+300.00	0.00	0.00	437.742	445.407	-7.665	308.880		0.000		D
2	17+325.00	25.00	25.00	437.617	447.309	-9.692	420.032	9111.403	0.000	0.000	D
3	17+350.00	25.00	50.00	437.492	449.090	-11.598	535.793	11947.809	0.000	0.000	D
4	17+375.00	25.00	75.00	437.367	450.663	-13.296	648.100	14798.663	0.000	0.000	D
5	17+400.00	25.00	100.00	437.242	450.623	-13.381	653.950	16275.622	0.000	0.000	D
6	17+425.00	25.00	125.00	437.117	447.926	-10.809	486.551	14256.256	0.000	0.000	D
7	17+450.00	25.00	150.00	436.992	446.223	-9.231	393.670	11002.760	0.000	0.000	D
8	17+475.00	25.00	175.00	436.867	444.441	-7.574	304.179	8723.116	0.000	0.000	D
9	17+500.00	25.00	200.00	436.742	442.851	-6.109	231.919	6701.230	0.000	0.000	D
10	17+525.00	25.00	225.00	436.617	441.565	-4.948	179.226	5139.318	0.000	0.000	D
11	17+550.00	25.00	250.00	436.492	440.406	-3.914	135.702	3936.609	0.000	0.000	D
12	17+575.00	25.00	275.00	436.367	439.241	-2.874	95.161	2885.791	0.000	0.000	D
13	17+600.00	25.00	300.00	436.242	438.065	-1.823	57.487	1908.105	0.000	0.000	D
14	17+625.00	25.00	325.00	436.117	435.597	0.520	0.000	718.592	0.497	6.208	R
15	17+650.00	25.00	350.00	435.992	433.253	2.739	0.000	0.000	63.047	794.294	R
16	17+675.00	25.00	375.00	435.867	431.876	3.991	0.000	0.000	104.857	2098.804	R
17	17+700.00	25.00	400.00	435.742	430.667	5.075	0.000	0.000	144.856	3121.417	R
18	17+725.00	25.00	425.00	435.640	429.572	6.068	0.000	0.000	184.590	4118.078	R
19	17+750.00	25.00	450.00	435.635	428.368	7.267	0.000	0.000	236.510	5263.755	R
20	17+775.00	25.00	475.00	435.735	426.627	9.108	0.000	0.000	324.625	7014.187	R
21	17+800.00	25.00	500.00	435.939	425.522	10.417	0.000	0.000	393.462	8976.085	R
22	17+825.00	25.00	525.00	436.247	427.072	9.175	0.000	0.000	328.023	9018.567	R
23	17+850.00	25.00	550.00	436.659	430.115	6.544	0.000	0.000	204.686	6658.869	R
24	17+875.00	25.00	575.00	437.175	433.333	3.842	0.000	0.000	99.635	3804.014	R
25	17+900.00	25.00	600.00	437.796	437.214	0.582	0.000	0.000	2.044	1270.984	R
26	17+925.00	25.00	625.00	438.520	440.359	-1.839	58.036	725.451	0.000	25.546	D
27	17+950.00	25.00	650.00	439.349	442.955	-3.606	123.358	2267.422	0.000	0.000	D
28	17+975.00	25.00	675.00	440.282	444.558	-4.276	150.575	3424.159	0.000	0.000	D
29	18+000.00	25.00	700.00	441.304	445.931	-4.627	165.371	3949.329	0.000	0.000	D
30	18+025.00	25.00	725.00	442.337	447.283	-4.946	179.139	4306.381	0.000	0.000	D
31	18+050.00	25.00	750.00	443.370	448.704	-5.334	196.297	4692.946	0.000	0.000	D
32	18+075.00	25.00	775.00	444.403	450.129	-5.726	214.089	5129.824	0.000	0.000	D
33	18+100.00	25.00	800.00	445.436	450.993	-5.557	206.362	5255.642	0.000	0.000	D
34	18+125.00	25.00	825.00	446.469	451.638	-5.169	188.945	4941.338	0.000	0.000	D
35	18+150.00	25.00	850.00	447.502	452.112	-4.610	164.646	4419.890	0.000	0.000	D
36	18+175.00	25.00	875.00	448.535	451.781	-3.246	109.290	3424.197	0.000	0.000	D
37	18+200.00	25.00	900.00	449.568	451.330	-1.762	55.403	2058.652	0.000	0.000	D
38	18+225.00	25.00	925.00	450.601	451.830	-1.229	37.661	1163.293	0.000	0.000	D
39	18+250.00	25.00	950.00	451.634	452.780	-1.146	34.975	907.945	0.000	0.000	D

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

40	18+275.00	25.00	975.00	452.667	453.491	-0.824	24.750	746.555	0.000	0.000	D
41	18+300.00	25.00	1000.00	453.701	454.450	-0.749	22.413	589.530	0.000	0.000	D
42	18+325.00	25.00	1025.00	454.734	455.823	-1.089	33.142	694.435	0.000	0.000	D
43	18+350.00	25.00	1050.00	455.753	458.015	-2.262	72.821	1324.533	0.000	0.000	D
44	18+375.00	25.00	1075.00	456.748	459.563	-2.815	92.958	2072.236	0.000	0.000	D
45	18+400.00	25.00	1100.00	457.717	459.515	-1.798	56.632	1869.874	0.000	0.000	D
46	18+425.00	25.00	1125.00	458.662	458.325	0.337	0.000	707.895	-4.003	-50.032	R
47	18+450.00	25.00	1150.00	459.581	457.606	1.975	0.000	0.000	39.843	448.011	R
48	18+475.00	25.00	1175.00	460.476	457.856	2.620	0.000	0.000	59.318	1239.513	R
49	18+500.00	25.00	1200.00	461.345	458.714	2.631	0.000	0.000	59.661	1487.227	R
50	18+525.00	25.00	1225.00	462.190	459.265	2.925	0.000	0.000	68.961	1607.768	R
51	18+550.00	25.00	1250.00	463.009	458.840	4.169	0.000	0.000	111.184	2251.806	R
52	18+575.00	25.00	1275.00	463.804	457.821	5.983	0.000	0.000	181.073	3653.211	R
53	18+600.00	25.00	1300.00	464.573	459.124	5.449	0.000	0.000	159.474	4256.843	R
54	18+625.00	25.00	1325.00	465.318	460.933	4.385	0.000	0.000	118.988	3480.774	R
55	18+650.00	25.00	1350.00	466.037	462.828	3.209	0.000	0.000	78.191	2464.738	R
56	18+675.00	25.00	1375.00	466.732	464.476	2.256	0.000	0.000	48.174	1579.567	R
57	18+700.00	25.00	1400.00	467.401	466.442	0.959	0.000	0.000	11.699	748.417	R
58	18+725.00	25.00	1425.00	468.046	468.327	-0.281	8.211	102.641	0.000	146.240	D
59	18+750.00	25.00	1450.00	468.665	470.053	-1.388	42.864	638.443	0.000	0.000	D
60	18+775.00	25.00	1475.00	469.266	471.672	-2.406	77.976	1510.503	0.000	0.000	D
61	18+800.00	25.00	1500.00	469.866	473.295	-3.429	116.392	2429.604	0.000	0.000	D
62	18+825.00	25.00	1525.00	470.466	475.456	-4.990	181.062	3718.180	0.000	0.000	D
63	18+850.00	25.00	1550.00	471.066	479.012	-7.946	323.553	6307.692	0.000	0.000	D
64	18+875.00	25.00	1575.00	471.666	477.554	-5.888	221.577	6814.130	0.000	0.000	D
65	18+900.00	25.00	1600.00	472.266	477.643	-5.377	198.226	5247.538	0.000	0.000	D
66	18+925.00	25.00	1625.00	472.866	477.637	-4.771	171.548	4622.178	0.000	0.000	D
67	18+950.00	25.00	1650.00	473.466	476.896	-3.430	116.431	3599.748	0.000	0.000	D
68	18+975.00	25.00	1675.00	474.066	475.758	-1.692	53.024	2118.191	0.000	0.000	D
69	19+000.00	25.00	1700.00	474.666	474.518	0.148	0.000	662.799	-8.544	-106.797	R
70	19+025.00	25.00	1725.00	475.266	473.052	2.214	0.000	0.000	46.914	479.627	R
71	19+050.00	25.00	1750.00	475.866	472.036	3.830	0.000	0.000	99.217	1826.641	R
72	19+075.00	25.00	1775.00	476.466	471.991	4.475	0.000	0.000	122.281	2768.729	R
73	19+100.00	25.00	1800.00	477.066	472.079	4.987	0.000	0.000	141.477	3296.979	R
74	19+125.00	25.00	1825.00	477.666	471.944	5.722	0.000	0.000	170.410	3898.586	R
75	19+150.00	25.00	1850.00	478.266	471.728	6.538	0.000	0.000	204.429	4685.476	R
76	19+175.00	25.00	1875.00	478.866	472.630	6.236	0.000	0.000	191.605	4950.424	R
77	19+200.00	25.00	1900.00	479.466	473.747	5.719	0.000	0.000	170.288	4523.669	R
78	19+225.00	25.00	1925.00	480.066	474.733	5.333	0.000	0.000	154.895	4064.792	R
79	19+250.00	25.00	1950.00	480.666	475.777	4.889	0.000	0.000	137.742	3657.968	R
80	19+275.00	25.00	1975.00	481.266	476.513	4.753	0.000	0.000	132.606	3379.357	R
81	19+300.00	25.00	2000.00	481.866	477.169	4.697	0.000	0.000	130.508	3288.928	R
82	19+325.00	25.00	2025.00	482.466	477.689	4.777	0.000	0.000	133.509	3300.206	R
83	19+350.00	25.00	2050.00	483.066	478.440	4.626	0.000	0.000	127.861	3267.116	R
84	19+375.00	25.00	2075.00	483.666	479.604	4.062	0.000	0.000	107.369	2940.375	R

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

85	19+400.00	25.00	2100.00	484.266	480.959	3.307	0.000	0.000	81.432	2360.023	R
86	19+425.00	25.00	2125.00	484.866	482.292	2.574	0.000	0.000	57.887	1741.499	R
87	19+450.00	25.00	2150.00	485.466	483.684	1.782	0.000	0.000	34.259	1151.829	R
88	19+475.00	25.00	2175.00	486.066	485.580	0.486	0.000	0.000	-0.347	423.900	R
89	19+500.00	25.00	2200.00	486.666	487.350	-0.684	20.401	255.012	0.000	-4.336	D
90	19+525.00	25.00	2225.00	487.266	488.852	-1.586	49.450	873.136	0.000	0.000	D
91	19+550.00	25.00	2250.00	487.866	490.129	-2.263	72.856	1528.826	0.000	0.000	D
92	19+575.00	25.00	2275.00	488.466	491.314	-2.848	94.189	2088.065	0.000	0.000	D
93	19+600.00	25.00	2300.00	489.066	492.264	-3.198	107.443	2520.403	0.000	0.000	D
94	19+625.00	25.00	2325.00	489.659	493.313	-3.654	125.263	2908.825	0.000	0.000	D
95	19+650.00	25.00	2350.00	490.237	493.871	-3.634	124.468	3121.636	0.000	0.000	D
96	19+675.00	25.00	2375.00	490.799	494.089	-3.290	110.988	2943.204	0.000	0.000	D
97	19+700.00	25.00	2400.00	491.345	494.720	-3.375	114.286	2815.926	0.000	0.000	D
98	19+725.00	25.00	2425.00	491.876	494.989	-3.113	104.191	2730.956	0.000	0.000	D
99	19+750.00	25.00	2450.00	492.391	495.594	-3.203	107.635	2647.822	0.000	0.000	D
100	19+775.00	25.00	2475.00	492.893	495.506	-2.613	85.496	2414.141	0.000	0.000	D
101	19+800.00	25.00	2500.00	493.393	495.347	-1.954	62.002	1843.730	0.000	0.000	D
102	19+825.00	25.00	2525.00	493.893	495.049	-1.156	35.297	1216.246	0.000	0.000	D
103	19+850.00	25.00	2550.00	494.393	495.118	-0.725	21.668	712.072	0.000	0.000	D
104	19+875.00	25.00	2575.00	494.893	494.494	0.399	0.000	270.855	-2.489	-31.119	R
105	19+900.00	25.00	2600.00	495.393	494.025	1.368	0.000	0.000	22.657	252.088	R
106	19+925.00	25.00	2625.00	495.893	493.740	2.153	0.000	0.000	45.093	846.869	R
107	19+950.00	25.00	2650.00	496.393	494.144	2.249	0.000	0.000	47.964	1163.209	R
108	19+975.00	25.00	2675.00	496.893	494.475	2.418	0.000	0.000	53.084	1263.102	R
109	20+000.00	25.00	2700.00	497.393	495.094	2.299	0.000	0.000	49.470	1281.929	R
110	20+025.00	25.00	2725.00	497.893	494.629	3.264	0.000	0.000	80.007	1618.457	R
111	20+050.00	25.00	2750.00	498.393	492.947	5.446	0.000	0.000	159.355	2992.024	R
112	20+075.00	25.00	2775.00	498.893	492.212	6.681	0.000	0.000	210.596	4624.389	R
113	20+100.00	25.00	2800.00	499.393	492.572	6.821	0.000	0.000	216.693	5341.116	R
114	20+125.00	25.00	2825.00	499.893	493.222	6.671	0.000	0.000	210.163	5335.700	R
115	20+150.00	25.00	2850.00	500.393	494.740	5.653	0.000	0.000	167.625	4722.340	R
116	20+175.00	25.00	2875.00	500.893	495.812	5.081	0.000	0.000	145.087	3908.896	R
117	20+200.00	25.00	2900.00	501.393	494.955	6.438	0.000	0.000	200.152	4315.491	R
118	20+225.00	25.00	2925.00	501.893	494.026	7.867	0.000	0.000	264.111	5803.285	R
119	20+250.00	25.00	2950.00	502.393	492.619	9.774	0.000	0.000	359.006	7788.956	R
120	20+275.00	25.00	2975.00	502.893	492.780	10.113	0.000	0.000	377.017	9200.286	R
121	20+300.00	25.00	3000.00	503.393	493.144	10.249	0.000	0.000	384.340	9516.959	R
122	20+325.00	25.00	3025.00	503.893	494.004	9.889	0.000	0.000	365.077	9367.711	R
123	20+350.00	25.00	3050.00	504.393	495.025	9.368	0.000	0.000	337.889	8787.071	R
124	20+375.00	25.00	3075.00	504.893	496.346	8.547	0.000	0.000	296.697	7932.318	R
125	20+400.00	25.00	3100.00	505.393	497.623	7.770	0.000	0.000	259.575	6953.403	R
126	20+425.00	25.00	3125.00	505.893	498.762	7.131	0.000	0.000	230.404	6124.742	R
127	20+450.00	25.00	3150.00	506.393	499.525	6.868	0.000	0.000	218.754	5614.470	R
128	20+475.00	25.00	3175.00	506.893	499.576	7.317	0.000	0.000	238.769	5719.030	R
129	20+500.00	25.00	3200.00	507.393	500.759	6.634	0.000	0.000	208.562	5591.637	R

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

130	20+525.00	25.00	3225.00	507.892	501.054	6.838	0.000	0.000	217.438	5324.999	R
131	20+550.00	25.00	3250.00	508.359	502.141	6.218	0.000	0.000	190.850	5103.593	R
132	20+575.00	25.00	3275.00	508.775	503.671	5.104	0.000	0.000	145.974	4210.301	R
133	20+600.00	25.00	3300.00	509.141	504.871	4.270	0.000	0.000	114.815	3259.872	R
134	20+625.00	25.00	3325.00	509.457	506.001	3.456	0.000	0.000	86.416	2515.388	R
135	20+650.00	25.00	3350.00	509.724	507.014	2.710	0.000	0.000	62.134	1856.873	R
136	20+675.00	25.00	3375.00	509.940	508.361	1.579	0.000	0.000	28.506	1132.996	R
137	20+700.00	25.00	3400.00	510.106	509.578	0.528	0.000	0.000	0.696	365.014	R
138	20+725.00	25.00	3425.00	510.222	510.973	-0.751	22.475	280.935	0.000	8.695	D
139	20+750.00	25.00	3450.00	510.289	512.066	-1.777	55.914	979.862	0.000	0.000	D
140	20+775.00	25.00	3475.00	510.305	513.069	-2.764	91.063	1837.212	0.000	0.000	D
141	20+800.00	25.00	3500.00	510.271	514.658	-4.387	155.214	3078.462	0.000	0.000	D
142	20+825.00	25.00	3525.00	510.187	516.019	-5.832	218.980	4677.427	0.000	0.000	D
143	20+850.00	25.00	3550.00	510.054	517.338	-7.284	289.364	6354.301	0.000	0.000	D
144	20+875.00	25.00	3575.00	509.870	517.930	-8.060	329.573	7736.720	0.000	0.000	D
145	20+900.00	25.00	3600.00	509.636	515.968	-6.332	242.503	7150.954	0.000	0.000	D
146	20+925.00	25.00	3625.00	509.352	509.321	0.031	0.000	3031.287	-11.301	-141.266	R
147	20+950.00	25.00	3650.00	509.019	509.894	-0.875	26.348	329.355	0.000	-141.266	D
148	20+975.00	25.00	3675.00	508.635	513.113	-4.478	159.045	2317.420	0.000	0.000	D
149	21+000.00	25.00	3700.00	508.201	515.500	-7.299	290.124	5614.618	0.000	0.000	D
150	21+025.00	25.00	3725.00	507.718	515.353	-7.635	307.328	7468.152	0.000	0.000	D
151	21+050.00	25.00	3750.00	507.184	516.488	-9.304	397.802	8814.121	0.000	0.000	D
152	21+075.00	25.00	3775.00	506.600	519.364	-12.764	611.983	12622.307	0.000	0.000	D
153	21+100.00	25.00	3800.00	505.966	524.793	-18.827	1073.901	21073.553	0.000	0.000	D
154	21+125.00	25.00	3825.00	505.283	527.876	-22.593	1416.344	31128.067	0.000	0.000	D
155	21+150.00	25.00	3850.00	504.549	528.361	-23.812	1536.303	36908.081	0.000	0.000	D
156	21+175.00	25.00	3875.00	503.765	526.239	-22.474	1404.872	36764.685	0.000	0.000	D
157	21+200.00	25.00	3900.00	502.931	522.319	-19.388	1122.216	31588.605	0.000	0.000	D
158	21+225.00	25.00	3925.00	502.048	517.706	-15.658	818.710	24261.576	0.000	0.000	D
159	21+250.00	25.00	3950.00	501.114	510.962	-9.848	429.097	15597.586	0.000	0.000	D
160	21+275.00	25.00	3975.00	500.130	505.143	-5.013	182.070	7639.584	0.000	0.000	D
161	21+300.00	25.00	4000.00	499.096	501.610	-2.514	81.883	3299.414	0.000	0.000	D
162	21+325.00	25.00	4025.00	498.013	499.008	-0.995	30.141	1400.307	0.000	0.000	D
163	21+350.00	25.00	4050.00	496.879	496.260	0.619	0.000	376.763	2.972	37.156	R
164	21+375.00	25.00	4075.00	495.695	493.898	1.797	0.000	0.000	34.689	470.767	R
165	21+400.00	25.00	4100.00	494.462	492.396	2.066	0.000	0.000	42.515	965.053	R
166	21+425.00	25.00	4125.00	493.212	491.254	1.958	0.000	0.000	39.347	1023.280	R
167	21+450.00	25.00	4150.00	491.962	491.372	0.590	0.000	0.000	2.244	519.890	R
168	21+475.00	25.00	4175.00	490.712	491.438	-0.726	21.699	271.243	0.000	28.052	D
169	21+500.00	25.00	4200.00	489.462	491.539	-2.077	66.288	1099.849	0.000	0.000	D
170	21+525.00	25.00	4225.00	488.212	492.159	-3.947	137.042	2541.629	0.000	0.000	D
171	21+550.00	25.00	4250.00	486.962	491.887	-4.925	178.223	3940.816	0.000	0.000	D
172	21+575.00	25.00	4275.00	485.712	491.879	-6.167	234.657	5161.011	0.000	0.000	D
173	21+600.00	25.00	4300.00	484.462	492.691	-8.229	338.570	7165.341	0.000	0.000	D
174	21+625.00	25.00	4325.00	483.212	493.532	-10.320	456.970	9944.243	0.000	0.000	D

ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE 4.8km

175	21+650.00	25.00	4350.00	481.962	494.035	-12.073	566.338	12791.350	0.000	0.000	D
176	21+675.00	25.00	4375.00	480.712	493.163	-12.451	591.130	14468.354	0.000	0.000	D
177	21+700.00	25.00	4400.00	479.462	491.426	-11.964	559.269	14379.988	0.000	0.000	D
178	21+725.00	25.00	4425.00	478.212	487.657	-9.445	405.828	12063.715	0.000	0.000	D
179	21+750.00	25.00	4450.00	476.962	489.159	-12.197	574.424	12253.148	0.000	0.000	D
180	21+775.00	25.00	4475.00	475.712	491.132	-15.420	800.761	17189.805	0.000	0.000	D
181	21+800.00	25.00	4500.00	474.462	494.865	-20.403	1212.030	25159.883	0.000	0.000	D
182	21+825.00	25.00	4525.00	473.212	498.639	-25.427	1702.096	36426.576	0.000	0.000	D
183	21+850.00	25.00	4550.00	471.962	501.791	-29.829	2193.729	48697.814	0.000	0.000	D
184	21+875.00	25.00	4575.00	470.712	501.514	-30.802	2310.242	56299.643	0.000	0.000	D
185	21+900.00	25.00	4600.00	469.462	498.300	-28.838	2077.980	54852.777	0.000	0.000	D
186	21+925.00	25.00	4625.00	468.212	493.295	-25.083	1666.126	46801.319	0.000	0.000	D
187	21+950.00	25.00	4650.00	466.962	489.709	-22.747	1431.253	38717.229	0.000	0.000	D
188	21+975.00	25.00	4675.00	465.712	486.710	-20.998	1266.116	33717.113	0.000	0.000	D
189	22+000.00	25.00	4700.00	464.462	481.603	-17.141	934.382	27506.225	0.000	0.000	D
190	22+025.00	25.00	4725.00	463.212	477.303	-14.091	703.655	20475.461	0.000	0.000	D
191	22+050.00	25.00	4750.00	461.962	471.049	-9.087	385.566	13615.265	0.000	0.000	D
192	22+075.00	25.00	4775.00	460.712	465.154	-4.442	157.527	6788.657	0.000	0.000	D
193	22+100.00	25.00	4800.00	459.462	460.460	-0.998	30.236	2347.038	0.000	0.000	D
194	22+101.54	1.54	4801.54	459.385	460.188	-0.803	24.094	41.834	0.000	0.000	D
								1 037 788		283 954	

BIBLIOGRAPHIE

- Normes techniques d'aménagement des routes « B40 »
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Instruction sur les constructions techniques.
- Signalisation routière.
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagements des Autoroutes de liaisons (I.C.T.A.A.L).