

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



المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Concevoir une route de 3D
et comparer avec
la conception classique

Présenté par :

IDRI Kahina

Encadré par :

Mme DERRICHE Zohra

Promotion 2017/2018

© ENSTP-FJ

CHAPITRE 0

PROBLEMATIQUE ET OBJET DE L'ETUDE

1. L'insécurité routière

L'insécurité routière est un problème majeur. Les statistiques macabres sont là pour rappeler que le « terrorisme routier » appelle plus d'efforts pour le juguler. La Direction Générale de la Sûreté Nationale [1] a enregistré, en zones urbaines, 248 accidents durant la semaine du 22 au 28 août 2017 et 261 accidents durant la semaine du 29 août au 04 septembre 2017 ; soit une augmentation de 5,24%, d'une semaine à l'autre.

L'insécurité routière s'articule autour de trois acteurs principaux qui sont en permanente interaction :

- L'homme, i.e. l'utilisateur de la route ;
- Le véhicule ;
- L'environnement, i.e. l'infrastructure routière.

Ces trois acteurs agissent de manière agrégée, il s'avère difficile de quantifier les effets de l'un indépendamment des deux autres.

Il est vrai que dans la plupart des cas, lorsqu'un accident a lieu, la faute est toujours portée sur le conducteur, l'accusant d'excès de vitesse. Sans remettre totalement en question la responsabilité du conducteur dans la survenance des accidents, la recherche sur l'insécurité routière a permis de démontrer que l'état du véhicule et celui de l'infrastructure peuvent représenter des facteurs aggravants qui participent à exacerber le problème, déjà grave, de l'insécurité routière.

Il a été montré que combien même lorsque le conducteur respecte au maximum la vitesse recommandée, et qu'il conduit un véhicule au meilleur de son état, l'accident arrive toujours. Il y a des tronçons de routes qui sont toujours les théâtres d'accidents routiers, devenant de ce fait de véritables hécatombes. Ces points caractéristiques de la route sont appelés « points noirs ». Ce sont des sections qui, de par leur géométrie, leur aménagement et les conditions de visibilité et de lisibilité qu'elles offrent au conducteur, poussent celui-ci à accomplir des manœuvres malheureuses qui aboutissent à des accidents, allant jusqu'à être trop souvent mortels.

Il reste néanmoins que l'insécurité routière n'est pas une fatalité. Elle peut être combattue. Des pays européens ont travaillé sur l'amélioration des infrastructures routières dans l'objectif de réduire le taux d'insécurité routière et ont évidemment eu des résultats encourageants.

La réussite de ces travaux a permis d'avancer de nouveaux concepts.

1.1 La « Vision Zéro »

C'est une approche développée en Suède dans l'objectif de diminuer le nombre d'accidents et d'atténuer la gravité. Cette approche se base sur l'idée que la route doit s'adapter à l'utilisateur.

Les dispositions et recommandations de cette approche sont :

- Améliorer l'entretien et la qualité de la chaussée ;
- Modifier la géométrie de la route ;
- Prévoir des voies auxiliaires pour les véhicules lents ;

- Diminuer le nombre d'intersections ;
- Favoriser la limitation de vitesse.

Dans le cadre de cette approche, un nouveau type de route a été testé : « La route à 2+1 voies ». Il s'agit d'une alternance des deux voies sur les deux sens de conduites, sur des distances d'environ 2 km.

Cette disposition offre au conducteur une conduite rythmée, sans monotonie, et elle réduit la frustration chez le conducteur car elle lui permet, sur des intervalles donnés, d'accomplir des dépassements, si la situation le lui permet.

Les résultats de ce test ont montré que ce type de route avait une meilleure fonctionnalité que la route à 2 x 2 voies classique, et ce pour un prix réduit d'un tiers [2].

1.2 La démarche « RACA » : La Route Autrement pour une Conduite Apaisée

Cette démarche a pour objectif d'agir sur la route afin d'inciter les usagers à réduire leur vitesse et aboutir à une sécurité routière durable.

Ce concept est mis en place selon 6 axes principaux :

- Un respect strict des normes retenues ;
- Une vigilance accrue sur le respect des règles de sécurité ;
- Une action sur la conception géométrique en lien avec la perception de l'infrastructure par l'utilisateur ;
- Une action sur le terre-plein central, les ouvrages d'art, les talus, les giratoires et leurs approches, ainsi que les accotements ;
- Une action sur les aménagements paysagers ;
- La limitation des équipements de sécurité pour gommer l'aspect autoroutier.

Le projet RACA a été appliqué au projet de desserte de l'aéroport de Notre Dame de Landes [3].

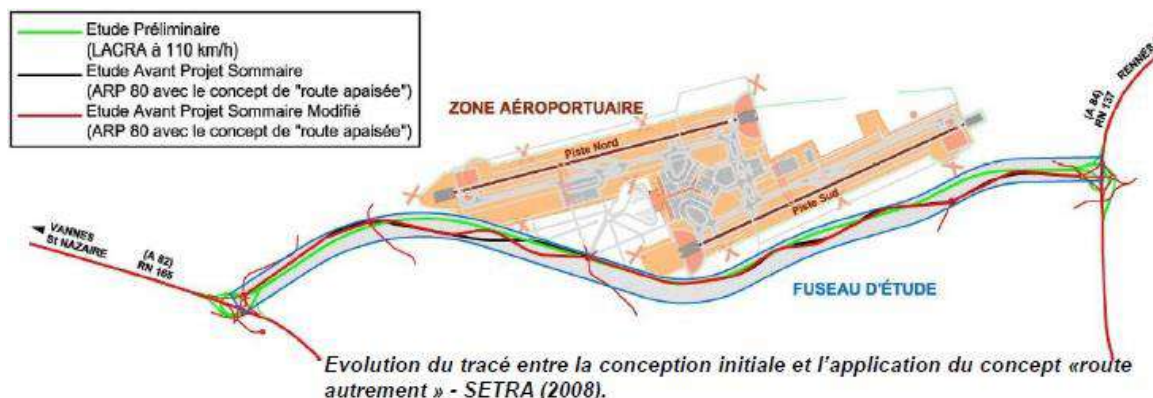


Figure 1-1: Evolution du tracé après l'application de la démarche « RACA »

Avec l'application de ce concept, le tracé de la route a retrouvé une allure sinueuse, présentant une alternance entre alignements droits et courbes de rayons allant de 500 à 900 m. Le confort du conducteur a été réduit afin d'augmenter une meilleure implication de celui-ci.

1.3 Les routes explicites :

Ce concept consiste en la conception de routes qui visent à éviter les erreurs de conduite. Ce type de routes doit présenter une lisibilité optimale mais aussi une cohérence entre l'usage souhaité, les règles de circulation, la géométrie et les différents aménagements [4].

1.4 Les routes clémentes :

Ces routes ont pour objectif de réduire les conséquences d'une perte de contrôle. Elles sont également appelées « route qui pardonnent ». En cas de sortie de chaussée, elles empêchent les chocs frontaux et les chocs contre les obstacles éventuels.

2. Actions attendues sur l'infrastructure

Des études de l'insécurité routière sont entreprises sur les tronçons accidentogènes une fois détectés. Il y a donc lieu d'agir sur la géométrie de certaines courbes par exemple, sur les signalisations mal placées ou sur l'aménagement des équipements de manière générale.

Toutefois, pourquoi attendre qu'une multitude d'accidents aient lieu pour soulever la question de l'insécurité routière et remettre en cause la conception et l'aménagement de l'infrastructure ?

Afin d'améliorer le rendement d'une infrastructure en matière de sécurité routière, l'ingénieur se doit d'agir sur celle-ci en amont, bien avant d'entamer les travaux de réalisation.

Lorsque l'insécurité est prise en compte dès les phases initiales de la planification et de la conception, le risque de devoir prendre ultérieurement des mesures rectificatives est limité.

Dans une optique sécuritaire, la conception routière exige que :

- Les caractéristiques du tracé soient cohérentes avec les fonctions de la route et les exigences relatives à la vitesse caractéristique ;
- Les caractéristiques du tracé soient cohérentes sur toute la longueur de la route.

Il y a donc une multitude de points sur lesquels il est possible d'agir et d'apporter les dispositions nécessaires sur l'infrastructure afin d'atteindre un niveau de sécurité satisfaisant.

2.1 La visibilité et la lisibilité de la route

Le conducteur régule son comportement par une analyse constante de l'environnement qui l'entoure et des informations linéaires et transversales qui s'offrent à sa vue durant la conduite.

L'environnement dont il est question ici n'est pas la route à elle seule, mais tout le paysage dans lequel elle s'inscrit, car de toute évidence, elle reste dépendante de celui-ci. La lecture de l'environnement a une incidence directe sur les comportements du conducteur. Si l'environnement a été mal compris, cela pourrait conduire à de grave erreur en matière de conduite [5].

2.1.1 La visibilité

Il s'agit de voir l'environnement, d'un point de vue fonctionnel. Il prend en considération la perception du couloir qu'est la route, des intersections, de la signalisation et des autres usagers de la route, suffisamment à temps pour pouvoir réagir et adopter un comportement adéquat. Il s'agit donc de créer une certaine réactivité chez le conducteur, en lui offrant les informations visuelles nécessaires pour une conduite apaisée et sécurisée.

2.1.2 La lisibilité

Il s'agit de voir l'environnement, d'un point de vue interprétation. C'est la compréhension de ce qui vient d'être vu. Il s'agit donc d'aménager un environnement facile à décrypter, offrant au conducteur la possibilité d'identifier aisément la trajectoire à suivre et anticiper les événements.

Les unités de lecture :

L'unité de perception visuelle du conducteur (UPVC) :

C'est le champ de vision global du conducteur, elle englobe tous les éléments du paysage et rythme le déplacement (Figure 2-1).

L'unité de perception de l'infrastructure (UPI) : C'est le domaine où le conducteur prend les informations nécessaires à l'acte de conduite (Figure 2.1).

- L'horizon se déplace en même temps que le véhicule, créant ainsi un tuyau. Si à la fin de celui-ci apparaît un obstacle ou une intersection brusques, le conducteur sera surpris. C'est ce qu'on appelle « **glissement d'UPI** ».

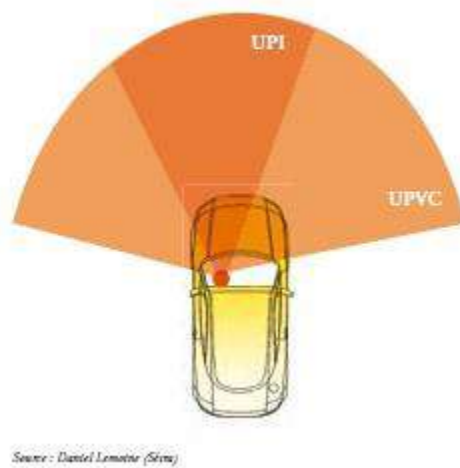


Figure 2-1: UPI et UPVC

Il faut donc aménager les itinéraires de façon à structurer les mouvements du conducteur et éviter que celui-ci se trouve confronté à des situations inattendues.

- Une deuxième UPI peut apparaître dans un deuxième plan, généralement dû à une courbe ou une déclivité. Ceci est appelé « **déplacement d'UPI** ». Il peut y avoir dans ce cas une confusion dans la perception.

2.2 La monotonie de conduite

L'environnement dans lequel se trouve le conducteur peut causer chez ce dernier de la fatigue, et ce pour deux raisons totalement à l'opposé l'une de l'autre :

- Un fort engagement du conducteur en raison d'un environnement imprévisible, changeant constamment ou complexe ;
- Un engagement insuffisant du conducteur associé à un environnement trop prévisible, non stimulant et monotone.

De part ces deux tirets, nous pouvons avant tout dire que l'environnement routier ne doit pas être trop compliqué au point de créer une frustration chez le conducteur, ni trop facile au point que le conducteur se lasse et soit distrait.

La conception routière doit être faite de façon à ne pas engendrer une trop grande ou une trop faible demande au conducteur.

Il faut concevoir de façon à ce que la route parle au et guide l'automobiliste, et permette assez tôt la correction d'une erreur involontaire.

2.3 Gestion des obstacles latéraux, zone de récupération et dispositifs de retenue

2.3.1 Les obstacles latéraux

Les obstacles latéraux sont tous les objets fixes se trouvant sur les abords des chaussées. La collision entre des véhicules à moteur et des objets dangereux au bord de la route tels que les arbres, les poteaux de panneaux de signalisation et autres équipements fixes, représentent un problème important pour la sécurité.

Le positionnement et la conception des objets situés en marge de la route peuvent jouer un rôle déterminant pour diminuer le nombre de ce type de collisions. Idéalement, le tracé d'une route doit éviter la présence de tout objet non sécuritaire sur les bas-côtés.

Il subsiste tout de même des cas où il n'est pas possible de ce faire. Il y a donc lieu de rendre ces objets plus sécuritaires ou de les protéger par des glissières de sécurité. Il est même plus préférable de protéger les arbres avec des glissières que de les abattre.

Il y a une variété d'obstacles qui peuvent être heurtés lors d'un accident de la route :

- Obstacles ponctuels :
 - Les arbres dont le diamètre dépasse 10 cm ;
 - Les maçonneries : murs, parapets, têtes d'aqueducs, piles d'ouvrages d'art ;
 - Les poteaux électriques ou téléphoniques ;

- Obstacles continus :
 - Les parois rocheuses ;
 - Les fossés dont la profondeur dépasse 50 cm ;
 - Les fossés situés en pied de talus en remblai ;
 - Les talus ;

En courbe, ces obstacles constituent un danger particulièrement élevé, notamment lorsque la courbe présente des caractéristiques accidentogènes.

2.3.2 Zone de récupération

Dans une optique de « route qui pardonne », les normes françaises [6] préconisent que les abords de routes soient aménagés de façon à accomplir les manœuvres de récupération du véhicule, à éviter les collisions mais aussi à en minimiser les conséquences. S'invite ici le principe de zone de récupération.

Il s'agit d'une zone aménagée à l'extérieur de la chaussée, qui éviterait à l'automobiliste, au cas son véhicule venait à quitter sa trajectoire, de heurter des obstacles susceptibles de causer de graves accidents.

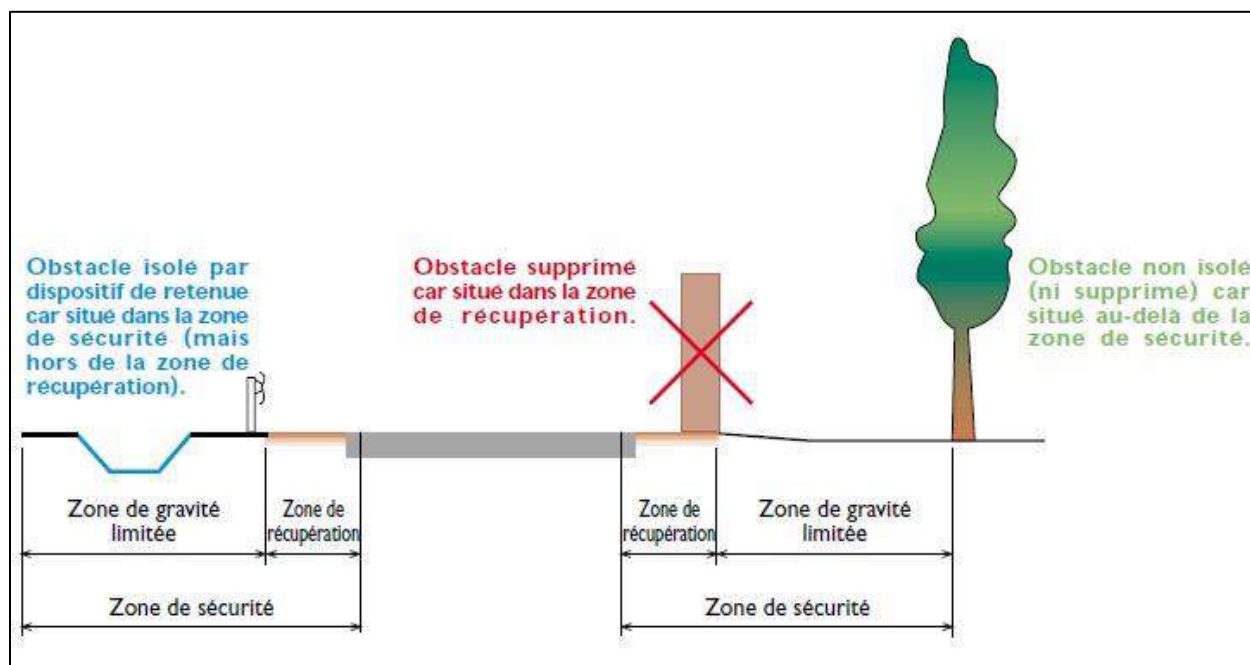


Figure 2-2: Aménagement des zones de sécurité [6]

La zone de récupération recommandée est d'au-moins 2m de largeur. La zone de récupération doit être bien traitée ; revêtue et différenciée, de façon à éviter les dénivellations entre la bande dérasée et la chaussée. Les obstacles présents le long de cette zone seront supprimés tandis que ceux se trouvant sur la zone de gravité limitée seront isolés par une barrière. Cette zone sert à réduire les dommages corporels induits par un éventuel accident. Elle est d'autant plus large que la vitesse caractéristique est élevée.

2.3.3 Les dispositifs de retenue :

Ils sont installés soit entre deux chaussées, pour séparer les trafics et limiter les chocs frontaux, ou en rive de route pour empêcher le choc contre un piéton ou un obstacle fixe ou mobile.

On distingue une variété de dispositifs de retenue :

- Bordure de trottoir ;
- Bordure de sécurité ;
- Muret ;
- Glissière métallique, en bois ou en béton armé ;

-
- Atténuateur de choc.

Si la vitesse et l'angle de collision ne sont pas trop importants, les dispositifs de retenue d'avèrent être efficaces pour réduire la gravité des accidents. Néanmoins, cette efficacité se voit diminuée si l'angle d'impact est plus ouvert ou la vitesse de choc est plus élevée.

Les obstacles fixes au bord des routes sont un enjeu majeur d'insécurité routière. La mise en place d'une glissière métallique ou mieux encore, en béton armé, réduit considérablement le nombre d'accidents mortels.

D'autres solutions s'offrent à nous lorsqu'il s'agit d'obstacles fixes, comme les arbres, les panneaux de signalisation ou les lampadaires par exemple. Il est préconisé de les déplacer afin de préserver une zone de sécurité suffisante.

3. Conception géométrique de l'infrastructure routière

3.1 Approche conventionnelle en 2D

Il y a coutume, lors de la conception d'un projet routier, de procéder par géométrie éclatée. Bien que la route soit un élément tridimensionnel, son étude se fait selon des plans bidimensionnels successifs, qui sont :

- Le tracé en plan ;
- Le profil en long ;
- Une succession de profils en travers sur des intervalles réguliers.

Cette décomposition facilite certes la compréhension des tâches à réaliser ; il y a ainsi possibilité de se concentrer sur chaque plan 2D de la route, et, en respectant les normes relatives à chacun d'eux, l'ingénieur arrive à concevoir chacun des trois plans en respectant les règles qui lui correspondent.

Cependant, les exigences en matière de sécurité incitent à compléter cette approche par géométrie éclatée, et à se demander si, malgré le respect des normes en vigueur, il y a certains aspects de cette sécurité qui échappent à la vigilance de l'ingénieur lors de la conception, dès lors que l'approche classique ne donne pas une vision d'ensemble de la route en question et des interactions qui peuvent exister entre ses différents plans.

La facture humaine et économique de l'insécurité routière, telle que révélée par les statistiques, appelle instamment à repenser l'infrastructure routière à l'effet de la faire travailler à offrir plus de sécurité à l'utilisateur.

Par ailleurs, au regard du potentiel des outils informatiques dédiés à la conception routière et des possibilités qu'ils offrent, il serait fort intéressant d'introduire une conception routière en 3D. Mais quel serait l'apport d'une telle approche ? Comment contribuerait-elle à réduire l'insécurité routière ?

3.2 Pourquoi aller vers une conception en 3D de l'infrastructure routière ?

Avec une conception en 3D, il y a possibilité de faire une représentation réaliste du paysage dans lequel s'inscrit l'itinéraire choisi pour la route. Nous pouvons également faire des simulations pour voir le véhicule se déplacer sur sa trajectoire.

L'apport de la conception en 3D se fait voir notamment pour la vérification des distances de visibilité, des distances d'arrêt et de dépassement. Aussi, pour ce qui est de l'aménagement global de l'environnement routier, la conception en 3D nous permettra de voir les différents obstacles présents aux alentours de la route, et de prendre des décisions quant à leur déplacement ou suppression le cas échéant.

Nous pouvons faire une analyse de l'UPI et détecter ainsi les différents glissements et déplacements d'UPI et essayer d'y remédier, que ce soit en agissant sur la géométrie ou sur l'aménagement et les équipements.

Pour ce qui est des carrefours, il y a possibilité d'analyser la visibilité et de voir si le carrefour et les véhicules qui y sont peuvent être aperçus assez tôt par le conducteur pour qu'il ralentisse et cède le passage.

CHAPITRE 1

*CONCEPTION GEOMETRIQUE DE
L'INFRASTRUCTURE ROUTIERE*

1.	PRÉSENTATION DU PROJET	12
2.	ETUDE DE MOBILITE.....	15
3.	CONCEPTION DU TRACE EN PLAN	19
4.	CONCEPTION DU PROFIL EN LONG	28

1. Présentation du projet

1.1 Situation du projet

Le projet du second boulevard périphérique de la wilaya de Mostaganem (CW07 bis) est un projet d'infrastructure routière qui permet de relier la région de Sablettes à la région de Mazagran, et ainsi contourner une bonne partie de la wilaya de Mostaganem.

La totalité du projet s'étend sur une distance de 28km. Toutefois, seulement un tronçon de 10 km est étudié dans le présent travail.

La Figure 1-1 présente le couloir destiné au tronçon considéré.

Le tronçon considéré débute à la région de Sablettes, qui est une région côtière de la wilaya de Mostaganem. Il traverse ensuite les régions de Stidia et Sidi Mejdoub pour enfin s'achever à la région de Hassi Mameche.



Figure 1-1: Figure 1 1: Situation du tronçon considéré (source : Google Earth)

1.2 Contexte climatique de la zone d'étude

La région de Mostaganem est l'une des régions du Nord algérien qui ont le climat le plus aride, et ce du fait de la proximité de la mer. Les hauteurs de pluies sont de l'ordre de 377 mm/an.

La zone d'étude est encerclée sur la carte climatique sommaire (Figure 1-2). On distingue deux zones climatiques, qui sont une zone au climat méditerranéen sub-humide, au nord, et une zone au climat méditerranéen semi-aride en allant vers l'intérieur de la région.

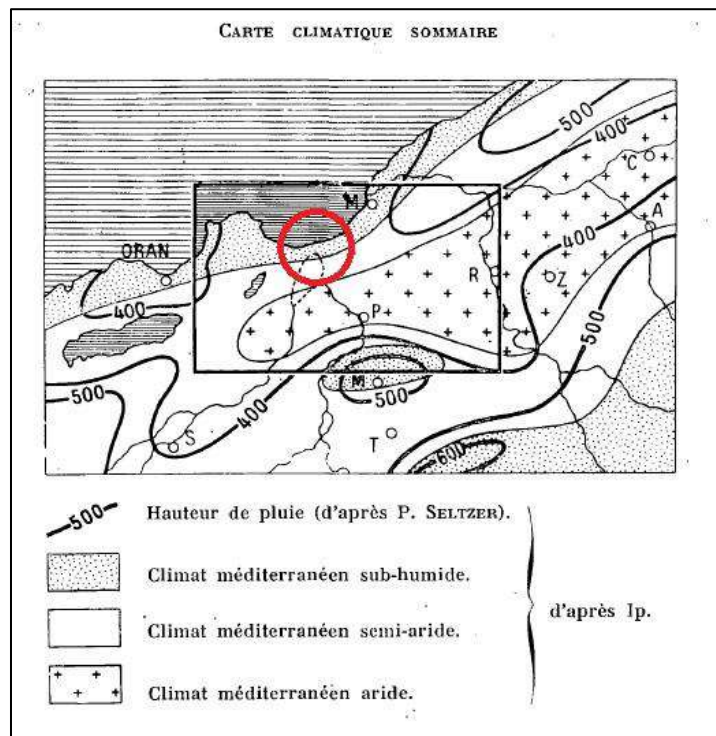


Figure 1-2: Carte climatique sommaire de Mostaganem [7]

1.3 Environnement du projet

Le couloir destiné au projet traverse des zones de natures différentes.

Au point **A** et **D** (Figure 1-1), on retrouve certaines constructions. Une couverture en arbres assez dense est rencontrée au niveau du point **B** (Figure 1-1). Au niveau du point **C** (Figure 1-1) on retrouve des terrains agricoles.

1.3.1 Infrastructures interceptées

Le couloir destiné à l'infrastructure projetée intercepte plusieurs infrastructures existantes. Les infrastructures que traverse le tronçon considéré sont énumérées ci-dessous.

1.3.1.1 Réseau routier

Le tronçon considéré du projet traverse plusieurs infrastructures déjà existantes. On distingue :

- La RN11 : route nationale reliant Alger à Oran. Elle traverse la wilaya de Mostaganem, passant ainsi par les régions de Mazagran et Stidia.
- Le CW02 ;
- La RN17 : route nationale reliant Mostaganem à Mascara.
- Le CW49A.

1.3.1.2 Chemin de fer

Le couloir choisi pour la route projetée traverse le chemin de fer qui relie Mostaganem à Mascara. A cet effet, il est prévu un passage supérieur au niveau de cette intersection.

1.4 Choix de la vitesse de référence

Le choix de la vitesse de référence se fait selon la catégorie et l'environnement de la route projetée. C'est en fonction de cette vitesse que les paramètres de conception sont réglementés.

1.4.1 Catégorie de la route Ci

La catégorie d'une route caractérise l'importance de celle-ci. Plus une route dessert des zones importantes, plus elle doit présenter des caractéristiques supérieures et permettre aux usagers des vitesses élevées dans des conditions de sécurité et de confort optimales.

Le projet du second boulevard périphérique de Mostaganem est censé contourner une bonne partie de la région de Mostaganem, et relier plusieurs infrastructures d'importance majeure, comme mentionné précédemment. De ce fait, la route projetée est de catégorie **C1**.

1.4.2 Environnement de la route Ej

L'environnement d'une route est caractérisé par la variation longitudinale et verticale du relief, à savoir les sinuosités en plan et les dénivelés.

I.1.1.1 La sinuosité moyenne

La sinuosité moyenne est définie par la proportion de rayons étroits (inférieurs à 200 m) qui sur toute la longueur du tracé de la route projetée.

Le tracé en plan du deuxième boulevard périphérique de Mostaganem ne présente aucun rayon inférieur à 200 m. Cela revient à une sinuosité nulle.

I.1.1.2 La dénivelée cumulée

La dénivelée cumulée moyenne est la moyenne de la variation des pentes sur toute la longueur de l'itinéraire considéré.

Le relief du couloir destiné à la route projetée présente une dénivelée cumulée de 3.5 % sur toute sa longueur. Cela revient à dire que le relief est vallonné.

Un relief vallonné avec une faible sinuosité présente un **environnement E2**.

1.4.3 Vitesse de référence

Pour une route de catégorie **C1** et d'environnement **E2**, le B40 recommande une vitesse de référence de **100 km/h**.

2. Etude de mobilité

2.1 Introduction

La détermination du nombre de voies à affecter à une nouvelle infrastructure se fait suite à l'analyse du nombre de véhicules susceptibles d'emprunter celle-ci une fois mise en service, mais aussi sur une durée de vie considérée.

On rappelle dans ce chapitre les différents éléments à considérer pour le calcul de la capacité d'une route. On applique ensuite ces recommandations au projet étudié.

2.2 L'analyse des trafics existants

L'étude de trafic est une étape des plus déterminantes dans tout projet routier. En effet, celle-ci permet de déterminer la densité du trafic et son agressivité, et de ce fait, arrêter le type d'aménagement adéquat à réaliser pour remplir les missions de mobilité et de résistance mécanique dévolues à la chaussée.

Différentes méthodes permettent de recueillir des informations relatives au trafic. Ces méthodes sont classées en deux catégories :

Les comptages : qui permettent de quantifier le trafic ;

Les enquêtes : qui permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

Il faut donc connaître tous les flux de circulation existant sur le réseau, leurs origines et leurs destinations.

2.3 Calcul de la capacité

La capacité d'une route est définie par le nombre maximal de véhicules pouvant réglementairement et raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie, dans une direction, pendant une période de temps bien déterminée. Elle s'exprime sous forme de débit horaire.

2.3.1 Les données du trafic

Les données du trafic utilisées pour le calcul de capacité :

$TJMA_{année\ de\ mise\ en\ service} = 6900$ véhicules/jour ;

Année de mise en service : 2021 ;

Pourcentage de poids lourds : $Z = 30\%$;

Taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$;

Durée de vie considérée : 20 ans.

2.3.2 Projection future du trafic

La méthode consiste à extrapoler l'évolution des trafics observés dans le passé au cours des années à venir. Le modèle de croissance établi est de type exponentiel :

$$TJMA_n = TJMA_0 \times (1 + \tau)^n \dots\dots \text{(véhicules/jour)}$$

Où :

$TJMA_n$: Le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon ;

$TJMA_0$: Le trafic journalier moyen annuel à l'année de référence ;

n : Le nombre d'années ;

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

Pour une durée de vie de 20 ans, le trafic journalier moyen annuel projeté est :

$$TJMA_{2041} = TJMA_{2021} (1 + \tau)^{20} ;$$

$$TJMA_{2041} = 6900 (1 + 0.04)^{20} = 15119 \text{ véhicules/jour.}$$

2.3.3 Calcul du trafic effectif

Le trafic effectif traduit le trafic journalier moyen annuel en unités de véhicules particuliers. Il est fonction du type de la route et de son environnement. Il s'exprime par unité de véhicules particuliers.

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ] \times TJMA_n \dots\dots \text{(UVP/j)}$$

Où :

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

$TJMA_n$: Le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon ;

Z : Le pourcentage de poids lourds ;

P : Le coefficient d'équivalence pour les poids lourds. Il dépend de l'environnement de la route. Les valeurs de ce coefficient sont données dans le Tableau 2.1.

Tableau 2.1: Valeurs du coefficient d'équivalence P [8]

	Environnement		
	E1	E2	E3
Route à bonnes caractéristiques	2 - 3	4 - 6	8 - 12
Route étroite, visibilité réduite	3 - 6	6 - 12	16 - 24

Pour une route d'environnement E2, on prend un coefficient d'équivalence $P = 6$ d'après le Tableau 2.1.

$$T_{eff} = [1-Z + PZ] \times TJMA_{2041} ;$$

Le pourcentage de poids lourds : $Z = 30\%$;

$$T_{eff} = [1-0.30 + 6 \times 0.30] \times 15119 = 37798 \text{ UVP/j.}$$

2.3.4 Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'année horizon. C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route aux heures de pointes. Il est donné par la formule :

$$Q_p = \frac{1}{n} \times T_{eff} \dots\dots\dots (\text{UVP/h})$$

Où :

Q_p : Le débit de pointe horaire normal ;

n : Le nombre d'heures de pointe, généralement 8 heures, d'où : $\frac{1}{n} = 0.12$;

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

Donc, le débit de pointe prévisible à la 20^{ème} année est :

$$Q_p = 0.12 \times T_{eff} = 0.12 \times 37798 = 4536 \text{ UVP/h.}$$

2.3.5 Débit horaire admissible

Le débit horaire admissible est le débit maximal accepté par une voie. Il est donné par la formule :

$$Q_{adm}/voie = K_1 \times K_2 \times C_{th} \dots\dots\dots (\text{UVP/h})$$

Où :

$Q_{adm}/voie$: Le débit horaire admissible pour une voie ;

K_1 : Coefficient qui dépend de l'environnement de la route projetée. Les valeurs de K_1 sont données dans le Tableau 2.2.

Tableau 2.2: Valeurs du coefficient K1 [8]

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

K_2 : Coefficient qui dépend de la catégorie et de l'environnement de la route projetée. Les valeurs de K_2 sont données dans le Tableau 2.3.

Tableau 2.3: Valeurs du coefficient K2 [8]

Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
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	0.98	0.98

C_{th} : La capacité théorique envisagée par voie de circulation. Les valeurs de C_{th} sont données dans le Tableau 2.4.

Tableau 2.4: Valeur de la capacité théorique [8]

Type de route	Capacité théorique (UVP/h) par voie
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route à chaussées séparées	1500 à 1800

$$Q_{adm}/voie = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

D'après le Tableau 2.2, pour une route d'environnement E2, $K_1 = 0.85$;

D'après le Tableau 2.3, pour une route de catégorie C1 et d'environnement E2, $K_2 = 0.99$;

D'après le Tableau 2.4, la capacité théorique par voie pour une route à chaussées séparées est de 1500 à 1800 UVP/h. On prend $C_{th} = 1800$ UVP/h pour ne pas surdimensionner l'infrastructure.

$$Q_{adm}/voie = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ UVP/h.}$$

2.3.6 Détermination du nombre de voies

Le nombre de voies par chaussée, pour les chaussées unidirectionnelles, est « n » arrondi à l'unité, tel que :

$$n = s \times \frac{Q_p}{Q_{adm}/voie}$$

Où :

s : Le coefficient de dissymétrie, généralement égal à $\frac{2}{3}$;

Q_p : Le débit de pointe horaire normal ;

$Q_{adm}/voie$: Le débit horaire admissible par voie.

$$N = s \times \frac{Q_p}{Q_{adm}/voie} = \frac{2}{3} \times \frac{4536}{1515} = 1.99 = 2 \text{ voies/sens.}$$

2.4 Conclusion de l'étude de mobilité

Le projet du deuxième boulevard périphérique de Mostaganem est une route à 2 x 2 de voies, de 3.5 m chacune.

3. Conception du tracé en plan

3.1 Introduction

La recherche d'un couloir adéquat pour le passage de la route est l'étape principale de l'élaboration d'un projet d'infrastructure routière.

Le couloir étant principalement déjà défini par le bureau d'études dans le cadre d'une étude préliminaire, nous allons, dans ce chapitre, nous intéresser à la définition de l'axe en plan.

Nous rappelons dans ce chapitre certaines généralités et règles relatives au tracé en plan. Nous appliquons ensuite celles-ci pour l'élaboration de l'axe en plan de la route projetée dans l'objectif d'établir un tracé qui épouse, autant que faire se peut, la topographie du site, tout en contournant le maximum d'obstacles et en évitant de trop perturber l'emprise terrestre.

3.2 Composition géométrique d'un tracé en plan

Le tracé en plan d'une route se traduit par la définition de l'axe en plan de celle-ci, qui n'est rien d'autre que la projection horizontale de l'axe de la route sur le terrain.

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession d'alignements, de virages et de courbes de raccordement qui s'inscrivent dans un environnement donné, en essayant au maximum de respecter l'allure initiale du terrain naturel et de s'intégrer dans la topographie du site, tout en assurant la sécurité et le confort des usagers de la route.

Le tracé en plan est réglementé par des normes qui concernent les alignements droits, les virages, ainsi que les courbes de raccordement. Les termes alignements, virages et courbes de raccordement sont explicités ci-après.

3.2.1 Les alignements droits

Les alignements droits ne sont rien d'autre que des droites, dont la longueur est conditionnée, selon la vitesse de référence envisagée, par une longueur minimale L_{min} et une longueur maximale L_{max} .

L_{min} doit séparer deux courbes de même sens. Elle est égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse de référence envisagée, qui est, en effet, le temps d'adaptation du conducteur.

L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes. Au bout de 60 secondes, une certaine monotonie de conduite risque de s'installer.

Il est déconseillé de recourir à des alignements très longs car :

En terrain accidenté, leur réalisation revient fort onéreuse.

- Ils peuvent causer des risques d'éblouissement par les phares, ou même par le soleil.
- Ils peuvent provoquer une monotonie chez le conducteur, qui le rend moins impliqué dans l'action de conduite.

Il est recommandé qu'un tracé soit composé de 50% d'alignements droits. Le tracé ne doit pas être trop sinueux, ni trop droit. Cette proportion sert donc à assurer l'homogénéité requise.

3.2.2 Les virages

Un virage est une courbe du tracé d'une route. Généralement, un virage est construit lorsqu'il faut éviter un obstacle ou il y a nécessité de s'intégrer dans les méandres du relief.

Pour décider des caractéristiques des virages, il y a lieu de prendre en compte plusieurs paramètres, parmi lesquels on cite :

- La dynamique des véhicules ;
- Les conditions de contact pneumatique/chaussée ;
- Le confort et la sécurité de l'utilisateur ;

En effet, dans une courbe, les véhicules sont soumis aux effets suivants :

- Le dérapage sous l'effet de la force centrifuge ;
- L'insuffisance des distances de visibilité ;
- L'insuffisance de la largeur des voies pour le passage de véhicules longs.

On doit prévoir des rayons de raccordement horizontaux qui vérifient les conditions suivantes et ainsi permettent à l'infrastructure de répondre aux effets cités plus haut :

- La stabilité du véhicule vis-à-vis de la force centrifuge ;
- Une distance de visibilité suffisante dans les virages pour permettre aux conducteurs de procéder aux manœuvres d'arrêt avant d'atteindre les éventuels obstacles ;
- Des surlargeurs, notamment dans les virages étroits, pour permettre l'affranchissement des virages aux véhicules longs.

3.2.3 Le déversement de la chaussée

3.2.3.1 En alignement

En alignement, le profil transversal de la chaussée n'est pas horizontal, mais présente une allure en « toit ». Cet aménagement est destiné à assurer un écoulement gravitaire et rapide des eaux. La surface de la chaussée présente alors une inclinaison de 2,5% par rapport à l'horizontale, qui est considérée, en Algérie, comme le dévers minimum.

3.2.3.2 En courbe

En courbe, la chaussée est déversée vers l'intérieur de la courbe afin de faire jouer à la pesanteur un rôle actif, et ainsi compenser partiellement l'effet de la force centrifuge. En effet, le dévers nécessaire pour annuler la totalité de la force centrifuge est largement supérieur à la limite

préconisée par les guides de conception. Essayer d'équilibrer totalement la force centrifuge reviendrait à porter préjudice aux véhicules lents et serait dangereux en temps de gel. De ce fait, c'est le contact « sol – pneumatique » qui s'occupe de compenser cette force centrifuge résiduelle.

3.2.4 Les rayons horizontaux associés aux dévers

Pour chaque vitesse de référence envisagée, il y a lieu de définir des rayons « clés » qui sont conditionnés par le déversement des chaussées et les coefficients de frottement transversal :

- *Le rayon horizontal minimal (R_{hm})*, qui assure la stabilité des véhicules à une vitesse de référence donnée. Il est associé au dévers maximal, d_{max} , qui est défini selon la catégorie et l'environnement de la route.
- *Le rayon horizontal normal (R_{hn})*, il est calculé pour une vitesse de référence supérieure à celle considérée pour le projet ($V_r + 20$), ainsi que pour le dévers qui est associé à celle-ci.
- *Le rayon horizontal au dévers minimal (R_{hd})*, c'est le rayon au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage de façon à ce que la force centrifuge résiduelle à la vitesse de référence V_r soit équivalente à celle subie par le véhicule en alignement à la même vitesse.
- *Le rayon horizontal non déversé (R_{hnd})*, c'est le seuil nécessaire pour assurer la stabilité des véhicules même en absence de dévers. En effet, pour toutes les valeurs supérieures ou égales à ce rayon, la valeur de la force centrifuge résiduelle reste toujours inférieure à la limite admissible. Le profil du virage se présente alors comme celui d'un alignement droit, en toit.

Le Tableau 3.1 récapitule les différents rayons ainsi que leurs dévers associés :

Tableau 3.1: Les rayons horizontaux associés aux dévers

Rayons	R_{hm}	R_{hn}	R_{hd}	R_{hnd}
Dévers	d_{max}	$d_{max}(V_r + 20)$	d_{min}	$-d_{min}$

Les courbes dont les rayons sont inférieurs à R_{hd} sont déversés vers l'intérieur de la courbe avec une pente transversale de valeur fixée par interpolation linéaire entre d_{min} pour R_{hd} et d_{max} pour R_m .

Les courbes de rayon supérieur à R_{hnd} n'ont pas à être déversées. La chaussée présentera donc, au niveau de celles-ci, une pente comme celle d'un alignement droit, à savoir 2,5% vers l'extérieur de la courbe.

Les courbes dont le rayon est compris entre R_{hnd} et R_{hd} sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente transversale de 2,5%.

3.2.5 Les raccordements progressifs

Nous optons pour des raccordements progressifs afin d'introduire les courbes pour deux raisons :

- Faciliter la manœuvre du virage en permettant au conducteur d'exercer une force constante sur son volant sans à-coups.
- Permettre d'introduire progressivement le dévers et la courbure.

Il y a évidemment plusieurs types de raccordements progressifs. Mais le plus utilisé est la clothoïde. Les clothoïdes sont définies par leur rayon R, leur paramètre A, leur longueur L et le ripage ΔR .

Une clothoïde est définie par son équation : $R \times L = A^2$

Les valeurs de ces différents paramètres sont arrêtées en respectant trois conditions principales :

3.2.5.1 La condition optique

Elle garantit une vue satisfaisante ainsi qu'une bonne perception de la courbure. Cette condition est prépondérante lorsque le rayon est très grand.

Cette condition suggère que : $A > \frac{R}{3}$ et $L > \frac{R}{9}$.

Le ripage, qui est l'écart entre le cercle et l'alignement qui ne lui est plus tangent, est défini ainsi :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{R}{1.944}$$

3.2.5.2 La condition de gauchissement

Elle limite la pente du profil en long du bord de la chaussée déversée par rapport à la pente de l'axe de la chaussée. Cette variation de pente doit tout de même être supérieure à 0,5 % afin de favoriser l'écoulement des eaux.

$$\Delta P = \frac{0.5}{V_r} \geq \frac{\Delta d\% \times l}{100 \times L} \text{ avec } V_r \text{ en km/h et } l \text{ la largeur de la chaussée.}$$

3.2.5.3 La condition dynamique

Elle permet d'introduire progressivement le dévers et la courbure en respectant la stabilité des véhicules. La variation du dévers doit être inférieure à 2% par seconde.

$$L < 0.2 \frac{V_r^2}{3.6} \left[\frac{V_r^2}{127 R} - \Delta d \right]$$

$$\Delta d = d + d_{\min}$$

Les conditions (3.2.5.2) et (3.2.5.3) sont regroupées par la formule :

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

3.2.6 Les principes d'enchaînement

Une homogénéité des caractéristiques du tracé s'impose, et ce, en matière de déclivité et de rayon de courbure. Quelques principes sont à respecter :

- Recourir de préférence à des alignements droits, sur au moins 50% du tracé, tel que rappelé plus haut ;
- Deux courbes de même sens doivent être séparées par une longueur d'alignement droit au moins égale à une distance L parcourue pendant 5 secondes à la vitesse de référence ;
- Si deux courbes se succèdent, même séparées par un alignement droit, il y a lieu de respecter que : $0.67 \leq \frac{R_1}{R_2} \leq 1.5$, sauf si R1 et R2 sont supérieurs à 500 m ;
- Exclure les courbes en C et les chevauchements.

3.3 Application au projet :

Le plan de situation fourni par le bureau d'études indique le début et la fin du tronçon à étudier, les différentes infrastructures qui seront interceptées par la route projetée. Le tronçon étudié doit relier la région de Stidia, à la région de Hassi Mameche (Figure 3-1).



Figure 3-1: Zone d'étude considérée pour le projet

Comme nous pouvons le voir sur la Figure 3-1, le point de départ se trouve au niveau de l'intersection avec la RN11. Il croise le CW02 ainsi que la RN17 pour enfin arriver à la fin du tronçon considéré, qui se trouve au niveau du CW49A.

3.3.1 Le relief

Le relief du site dans lequel doit s'insérer la route projetée présente une topographie variée (Figure 3-2). On y retrouve des sections où le terrain est quasiment plat et d'autres où il est particulièrement accidenté, présentant des pentes importantes pouvant atteindre 14%.



Figure 3-2: Relief du terrain naturel

Le tracé en plan du projet a été choisi de façon à l'insérer au mieux dans le couloir proposé par le bureau d'études (Figure 3-3). Ce couloir a été choisi de manière à contourner au mieux les contraintes du relief et ainsi épouser l'allure du terrain naturel. Il s'agit alors d'optimiser l'occupation de ce couloir et d'éviter les obstacles localisés à l'intérieur de celui-ci.

3.3.2 Les exigences normatives

La route projetée est de **catégorie 1** et d'**environnement 2**. De ce fait, et d'après les recommandations du B40, la **vitesse de référence** à adopter est de **100 km/h**.

3.3.2.1 Alignements

Les alignements droits sont bornés par deux valeurs qui sont :

$$L_{min} = 140 \text{ m}$$

$$L_{max} = 1700 \text{ m}$$

3.3.2.2 Rayons horizontaux et dévers

Les normes du B40 recommandent les valeurs du Tableau 3.2 pour les dévers et les rayons.

Tableau 3.2: Les dévers et les rayons horizontaux associés [8]

Rayons	R_{hm}	R_{hn}	R_{hd}	R_{hnd}
En mètres	450	650	1600	2200
Dévers	d_{max}	$d_{max}(V_r + 20)$	d_{min}	$-d_{min}$
En %	7	5	2.5	- 2.5

Pour tout rayon dont la valeur est comprise entre celles citées en haut, nous effectuons une interpolation linéaire pour trouver les valeurs des dévers associés. Les rayons et dévers associés du projet sont résumés dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3: Rayons horizontaux et dévers du projet

Rayon (m)	480	1100	550	800	1100	1040
Dévers (%)	6.7	3.8	6	4.6	3.8	4

3.3.2.3 Clothoïdes

Pour ce qui est des longueurs de clothoïdes, les recommandations du B40 sont récapitulées dans le Tableau 3.5 et ce pour les caractéristiques de la route projetée.

Tableau 3.4: Longueurs minimales des clothoïdes [8]

Longueur de la clothoïde (m)	$R_{hm} = 450$ m	$R_{hnd} = 2200$ m
$L_{clothoïde}$ (Condition optique)	103	230
$L_{clothoïde}$ (Condition dynamique)	44	20
$L_{clothoïde}$ (Condition de gauchissement)	133	<i>Cette condition n'est pas prépondérante pour les grands rayons.</i>

3.3.3 Le tracé arrêté

On donne dans la Figure 3-4 le tracé arrêté pour le projet. Le choix de ce tracé a été conditionné par les exigences explicitées ci-dessous.

Comme indiqué sur la figure 3-1 ci-dessus, le point de départ du tracé en plan se situe au niveau de l'intersection de celui-ci avec la RN11.

Au point **A** (Figure 3-4) : à environs 700 m du début du tracé, nous sommes contraints de traverser une barrière d'arbres, qu'il sera obligatoire d'abattre. Néanmoins, ce couloir est le moins couteux en matière d'arbres, car de part et d'autre de celui-ci, la couverture végétale est beaucoup plus dense.

Le premier alignement droit s'étend sur une distance de 1500 m pour éviter de traverser des zones à forte couverture en arbres mais aussi pour contourner la contrainte du relief en matière de pente excessive.

Au point **B** (Figure 3-4) : entre le PK 4+520 et le PK 4+820, des poteaux téléphoniques ont été évités et ce en décalant le tracé légèrement vers le sud-ouest.

Au point **C** (Figure 3-4) : le virage débutant au PK 5+180 a été tracé de manière à éviter de franchir les terrains agricoles avoisinants.

Au point **D** (Figure 3-4) : entre le PK 7+340 et le PK 7+420, le rayon a été choisi de manière à passer entre les constructions présentes sans avoir recours à la démolition de celles-ci.

Les différentes intersections de la route projetée avec les infrastructures existantes sont également indiquées sur la Figure 3-4.

Nous observons que ce tracé présente une proportionnalité entre les alignements droits et les virages. Il n'est ni trop compliqué, ni trop monotone.

Les longueurs d'alignements sont acceptables. Elles ne sont ni trop minimales au point de prendre le conducteur au dépourvu, entre deux courbes successives ; ni trop grandes au point de perdre l'attention et la concentration de celui-ci.

Les rayons des virages adoptés sont tous supérieurs au rayon horizontal minimal. Ceux-ci peuvent donc être empruntés en toute aisance. Le tracé ne présente pas de virages dangereux.

Quant aux courbes de raccordement progressif, elles sont suffisantes pour assurer les conditions de confort et de visibilité.

Toutefois, il peut être sujet à des modifications notamment après l'élaboration du profil en long du projet ainsi que l'introduction de l'aspect tridimensionnel lors des vérifications de visibilité et de lisibilité.

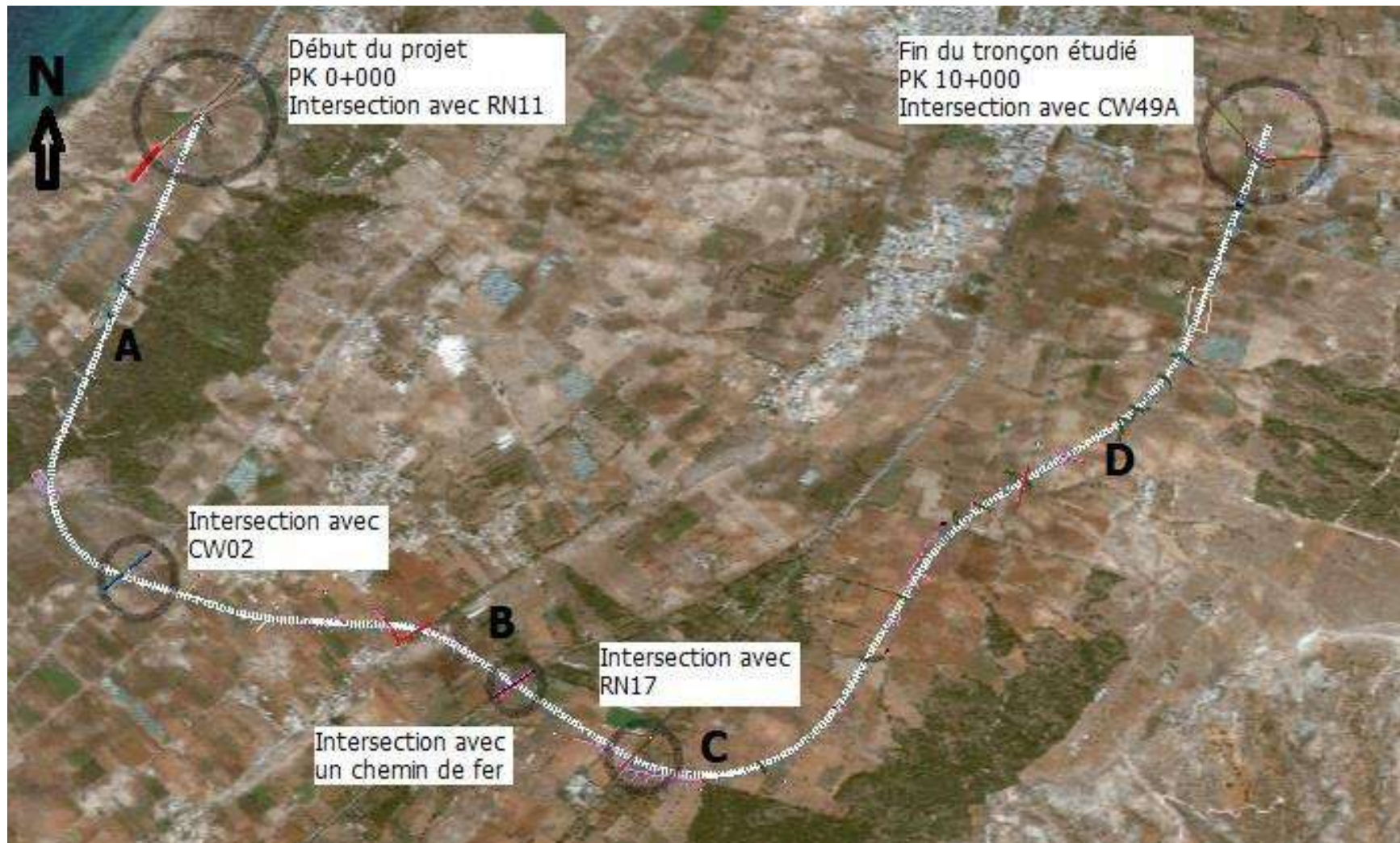


Figure 3-3: Tracé en plan de la route projetée

4. Conception du profil en long

4.1 Introduction

On réalise, une fois l'axe en plan de la route projetée défini, la conception du profil en long.

Le profil en long doit s'inscrire dans la topographie du site traversé, se rapprochant ainsi au maximum de l'allure de celui-ci, en évitant de perturber excessivement l'emprise terrestre.

Nous rappelons dans ce chapitre la composition géométrique d'un profil en long, ainsi que les normes qui conditionnent le choix de ses caractéristiques géométriques. Nous analysons le relief déjà existant et les points de passages obligés, puis nous appliquons les principes et règles énoncés à la conception de l'infrastructure projetée.

4.2 Composition géométrique d'un profil en long

Un profil en long est composé d'une succession de changements de déclivité, raccordés par des courbes progressives de forme parabolique.

L'établissement d'un profil en long d'une route projetée commence par l'analyse du profil du terrain naturel, et ce suivant la ligne rouge de l'axe en plan préalablement choisi.

Comme pour le tracé de l'axe en plan, le tracé du profil en long de la route projetée est conditionné par des normes qui dépendent principalement du relief dans lequel s'inscrit le projet mais aussi de la vitesse de référence considérée. On rappelle ci-après l'essentiel de ces normes.

4.2.1 Les rayons verticaux

4.2.1.1 Les rayons en angle saillant

Un rayon en angle saillant est un rayon ayant une allure convexe. Dans ce cas, il y a lieu d'effectuer des vérifications vis-à-vis de la visibilité au droit de ce type de rayon, car leurs parties saillantes pourraient être des obstacles et ainsi bloquer le champ de vision du conducteur.

Pour les chaussées unidirectionnelles, le choix de la valeur minimale absolue pour celui-ci doit assurer que l'œil du conducteur, placé à une hauteur $h = 1.1$ m, puisse apercevoir, derrière l'angle saillant, un obstacle éventuel situé à une hauteur de $x = 0.15$ m et ce pour une vitesse de référence donnée.

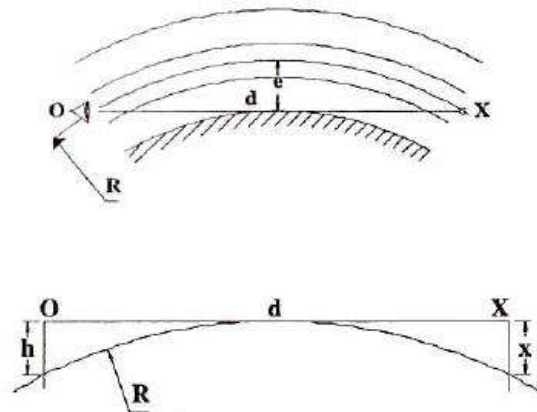


Figure 4-1: Visibilité en angle saillant

Les valeurs minimales normales sont obtenues par la même approche, pour une vitesse supérieure à la vitesse de référence de 20 km/h.

4.2.1.2 Les rayons en angle rentrant

Un rayon en angle rentrant est un rayon ayant une allure concave. Ces rayons ne posent généralement pas de problèmes quant à la visibilité mais sont conditionnés par le confort dynamique et, de nuit, par l'éblouissement dû aux phares des véhicules.

Pour les vitesses supérieures à 80 km/h, le choix de la valeur minimale absolue du rayon est conditionnée par la limite admissible en accélération verticale. Cette dernière est de $g/20$ pour les routes de catégorie 1 et 2.

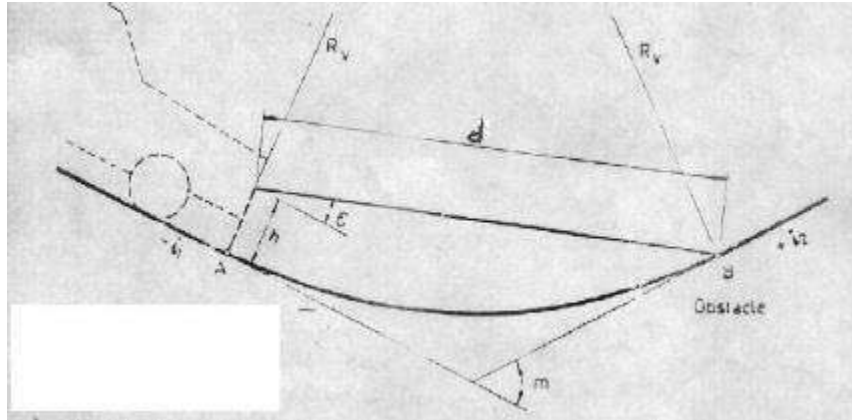


Figure 4-2: Visibilité en angle rentrant

Les valeurs minimales normales sont obtenues par la même approche, pour une vitesse supérieure à la vitesse de référence de 20 km/h.

4.2.2 Les déclivités du profil en long

Les déclivités d'un profil en long sont les inclinaisons de celui-ci. Ces déclivités peuvent être des pentes, si on est en sens décroissant en hauteur, ou des rampes, dans le sens croissant des hauteurs.

Le profil en long doit être établi de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plate-forme. La pente/rampe minimale est donc de 1%, pouvant aller jusqu'à 0.5% dans des cas particuliers.

Il convient, de manière générale, d'éviter les zones en déblai profond délicates à assainir ainsi que les points bas en déblai.

Les seuils en matière de pentes et de rampes sont modulés par la topographie du site traversé. Cependant, pour des reliefs difficiles, la valeur maximale de la pente peut être majorée jusqu'à 2% de façon à éviter les grands mouvements de terre.

4.2.3 La longueur des rampes

La longueur des rampes est conditionnée principalement le comportement des poids lourds. En effet, si une rampe est trop longue, les poids lourds ont non seulement des difficultés lors des freinages, mais leurs moteurs sont sollicités en permanence, ce qui entraîne l'usure de ces derniers.

De plus, un poids lourd n'aborde généralement pas les rampes de la même manière qu'un véhicule léger. En effet, les poids lourds sont plus facilement ralentis. Par ailleurs, le conducteur d'un véhicule léger se trouvant derrière un poids lourd sur une rampe trop longue, se trouve frustré et peut ainsi entamer des manœuvres de dépassement qui pourraient être dangereuses.

De ce fait, dans le cas où la longueur maximale des rampes ne peut être respectée, il y a lieu d'insérer une voie supplémentaire pour les poids lourds sur les sections concernées.

Lorsqu'une voie supplémentaire pour poids lourds est prévue, celle-ci n'est pas rajoutée sur toute la longueur de la rampe. La voie supplémentaire est implantée à partir d'un point A de la rampe, où le véhicule lourd atteint sa vitesse critique, jusqu'à un point B, après la fin de la rampe considérée, où le véhicule lourd aura pu accélérer et reprendre une vitesse normale.

La vitesse critique est définie comme :

$$V_{critique} = \frac{V_{référence}}{2 \text{ ou } 3} + 10 ;$$

Pour une vitesse de référence de 100 km/h, la vitesse critique est de 60 km/h.

Les courbes caractéristiques de décélération et d'accélération données par le B40 donnent en fonction de la distance parcourue, la vitesse d'un poids lourd attaquant une rampe ou une pente donnée. Ainsi, nous pouvons avoir les distances auxquels le poids lourd atteindra sa vitesse critique pour une rampe donnée.

4.3 Application au projet

4.3.1 Description du terrain

Le profil en long du terrain naturel le long de l'axe en plan, tel que déterminé dans le chapitre précédent, est présenté dans la Figure 4-3.

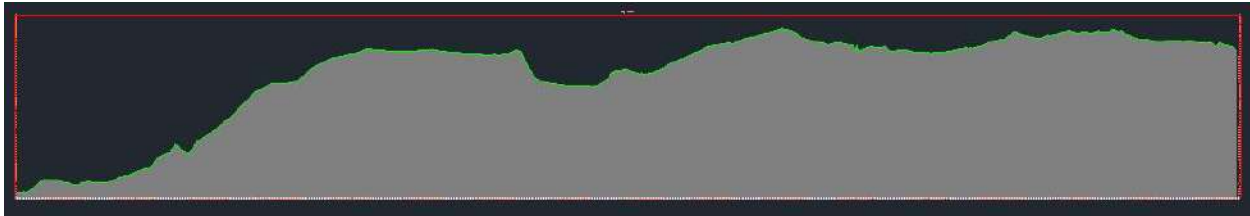


Figure 4-3: Profil en long du Terrain Naturel

4.3.1.1 Les pentes

Les élévations varient entre 45 m et 178 m. La côte minimale se trouve au départ du projet, au niveau du PK 0+000, à l'intersection avec la RN11. La plus grande hauteur se trouve au niveau du PK 6+280.

Le profil de la Figure 4-3 présente certaines pentes assez élevées :

- La pente A (Figure 4-3) : entre le PK 0+110 et le PK 0+220, la hauteur varie de 46 m à 55 m, une variation de 9 m en hauteur sur une distance de 110 m, soit une rampe d'environ 8% ;

- La pente **B** (Figure 4-3) : entre le PK 1+140 et le PK 1+965, la hauteur varie de 78 m jusqu'à 128 m ; soit une variation de 50 m de hauteur sur une distance de 555 m, ce qui donne lieu à une rampe de 9% ;
- La pente **C** (Figure 4-3) : entre le PK 4+140 au PK 4+300, la côte varie de 158 m à 135 m, donc une pente de 14%. Cette pente est suivie d'un léger pallier, puis une rampe de 6.66% (pente **D**, Figure 4-3), entre le PK 4+740 et le PK 4+905 où la hauteur varie entre 132 m et 143 m.

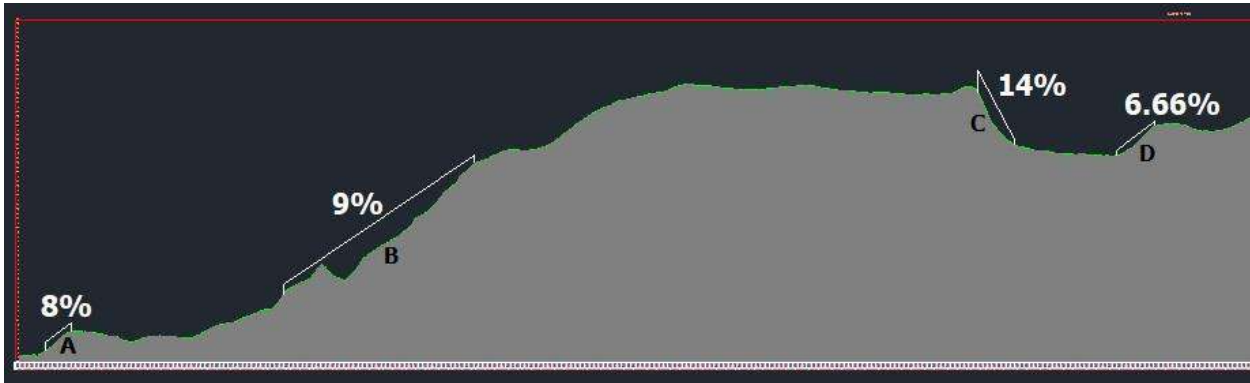


Figure 4-4: Situation des grandes pentes

Ces sections devront être traitées de manière à en adoucir les pentes et les rendre compatibles avec les normes.

4.3.1.2 Les intersections

Le tracé en plan traverse plusieurs routes existantes, comme noté dans la présentation du projet. Ces intersections font ici office de points de passage obligés. Nous nous devons d'en respecter la côte mais également d'éviter les grandes déclivités de part et d'autre de ces points, du fait que, par la suite, ces intersections seront aménagées en carrefours giratoires.

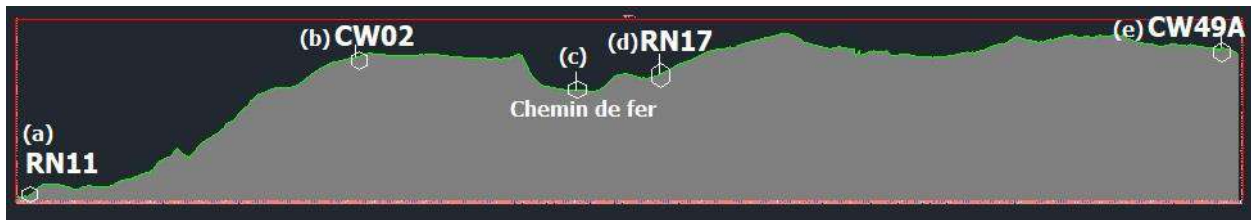


Figure 4-5: Intersections du projet avec les infrastructures existantes

Les emplacements des intersections de la route projetée avec le réseau routier existant sont :

- (a) : RN11 : PK 0+000 ;
- (b) : CW02 : PK 2+570 ;
- (c) : Chemin de fer : PK 4+580 ;
- (d) : RN17 : PK 5+260 ;
- (e) : CW49A : PK 9+860.

Au niveau du chemin de fer (c), nous prévoyons un passage supérieur, qui respecte le gabarit maximum de 6.5 m et donc une côte d'environ 8.5 m.

4.3.2 Les exigences normatives

4.3.2.1 Rayons verticaux

Selon les recommandations du B40, pour une route projetée de catégorie 1 et une vitesse de référence de 100 km/h, les rayons verticaux préconisés sont rappelés dans le Tableau 4.1.

Tableau 4.1: Les rayons verticaux recommandés [8]

	Minimum absolu (m)	Minimum normal (m)
Rayons à angle saillant	6000	12000
Rayons à angle rentrant	3000	4200

4.3.2.2 Pentés

La pente maximum recommandée pour une catégorie 1 et un environnement 2 est de 5%. Cependant, du fait qu'il y ait des zones à déclivités élevées, nous nous permettrons d'aller jusqu'à une pente de 7%.

4.3.2.3 Longueur de rampes

Pour une vitesse de référence de 100 km/h, la vitesse des poids lourds associée est de 35 km/h. De ce fait, et pour une pente de 5%, la longueur maximale en rampe est de 1250 m. Cependant, si on opte pour une pente de 6% ou 7%, nous aurons une longueur maximale en rampe de 650 m ou 500 m, respectivement.

4.3.3 Rayons et pentes du projet

Il faut garder une pente inférieure à 3% sur au moins 100 m au début du projet. A ce niveau-là sera implanté le premier carrefour giratoire, qui ne doit pas être inscrit dans une forte déclivité. A cet effet, sur les 100 premiers mètres, entre les points **A** et **B** (Figure 4-6), nous avons gardé une pente d'environ 2%.

La première rampe rencontrée est de 8% comme énoncé précédemment (pente **A**, Figure 4-4). Nous avons essayé de l'adoucir en une succession de pentes avoisinants 5%, allant du point **B** au point **C** (Figure 4-6).

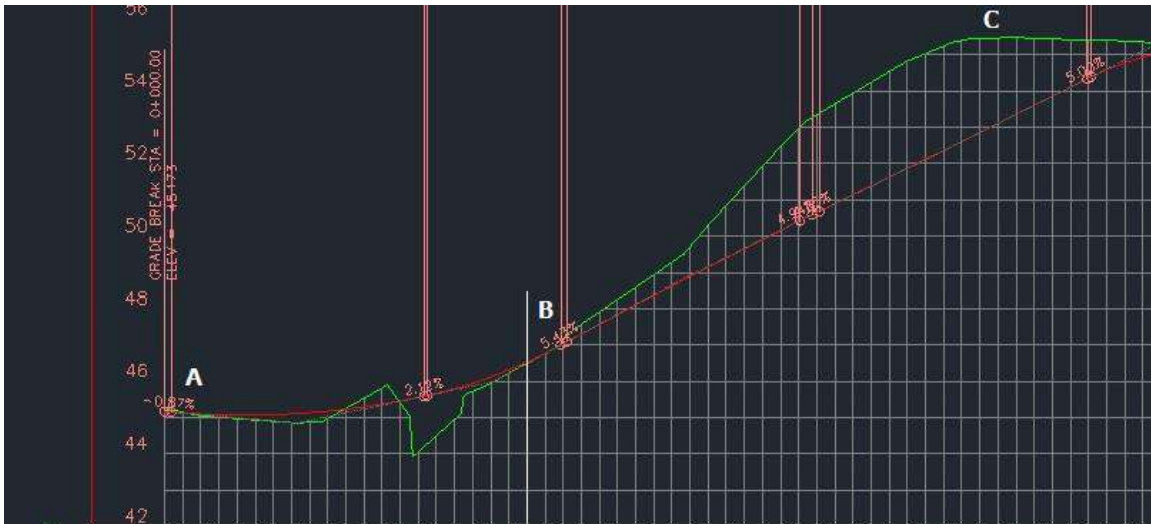


Figure 4-6: Allure du profil en long : PK 0+000 -- PK 0+220

Entre le PK 0+850 et le PK 1+490, un problème s'est posé quant à la forte variation de l'allure du relief. Nous avons essayé d'homogénéiser mais avons toutefois eu une quantité préjudiciable de déblai (entre **A** et **B**) et de remblai (entre **B** et **C**) (Figure 4-7).

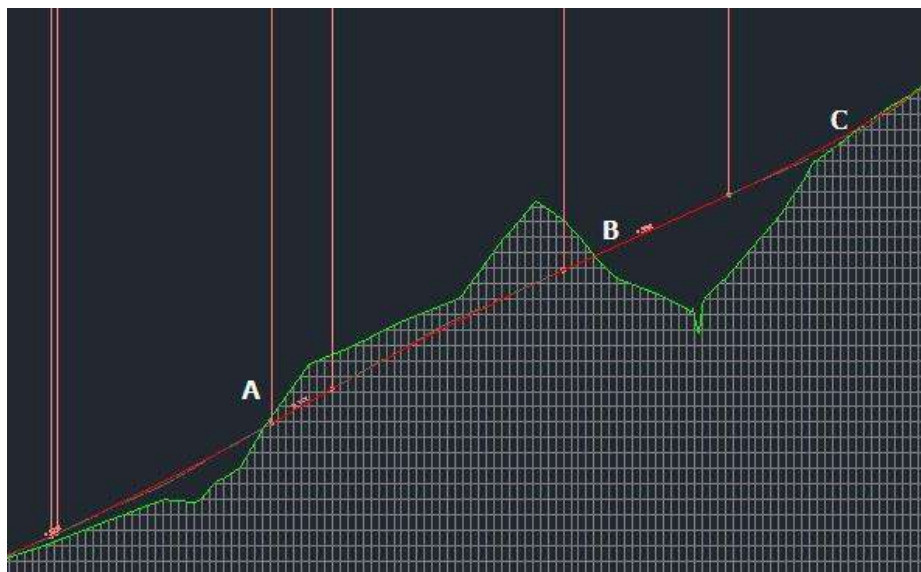


Figure 4-7: Allure du profil en long : PK 0+850 -- PK 1+490

Entre le PK 1+480 et le PK 1+965, nous avons une pente naturelle de 9% (pente **B**, Figure 4-4). Nous avons pu adoucir celle-ci en pentes successives d'environ 6%. Ces pentes devront être signalés aux usagers de la route car elles présentent des valeurs hors norme (supérieures à 5%). La hauteur maximale du déblai résultant est de 9 m (Figure 4-8).

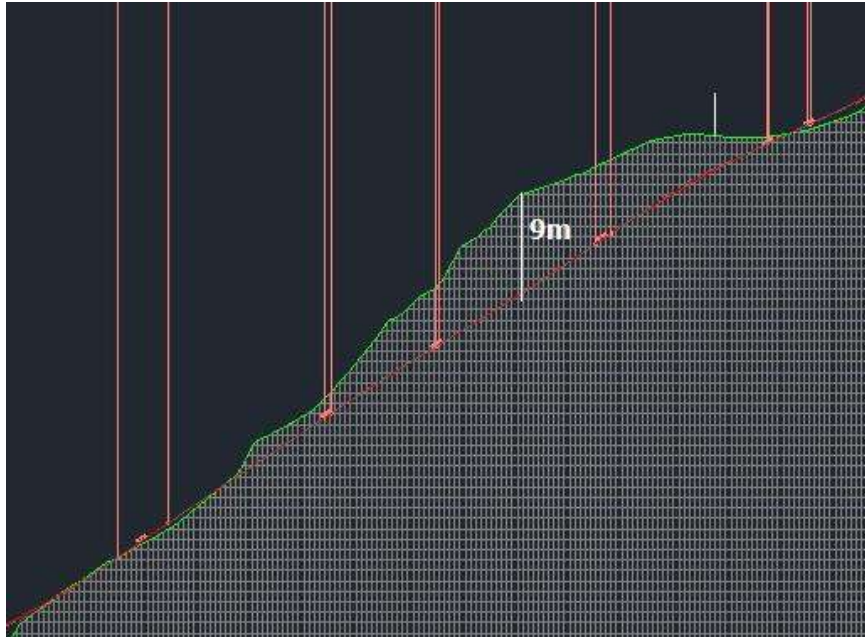


Figure 4-8: Allure du profil en long : PK 1+490 -- PK 1+965

Entre le PK 4+140 et le PK 4+300, la pente atteint 14% (pente **C**, Figure 4-4). Celle-ci a été adoucie en pentes successives d'environ 6%. Ces pentes devront être signalées aux usagers de la route car elles présentent des valeurs hors normes (supérieures à 5%). La hauteur maximale du déblai résultant est de 12 m (Figure 4-9).

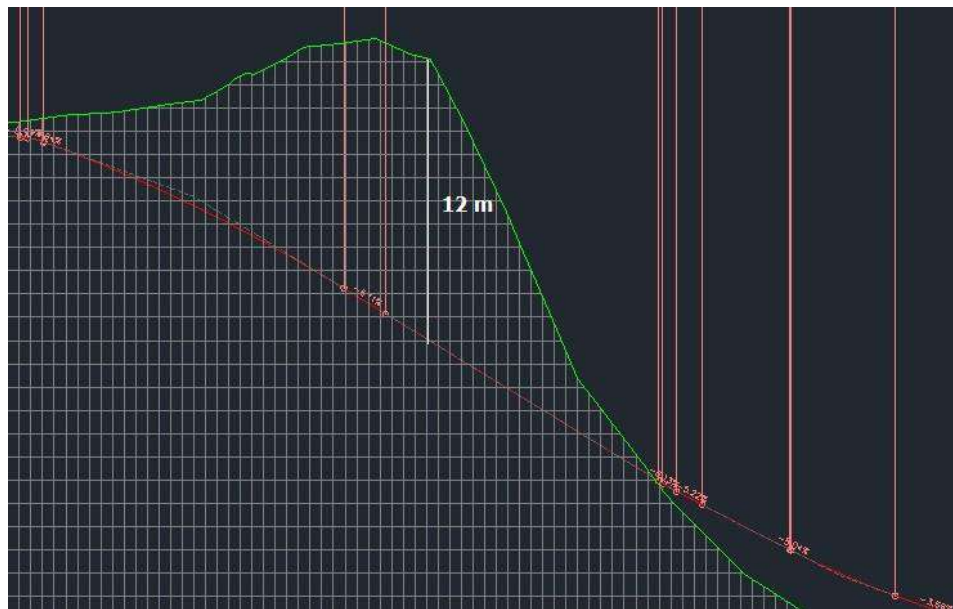


Figure 4-9: Allure du profil en long : PK 4+140 -- PK 4+300

Entre le PK 4+740 et le PK 4+905, la pente atteint 6.66% (pente **D**, Figure 4-4). Celle-ci a été adoucie en pentes successives de 5 à 6%. Ces pentes devront être signalées aux usagers de la route (Figure 4-10).

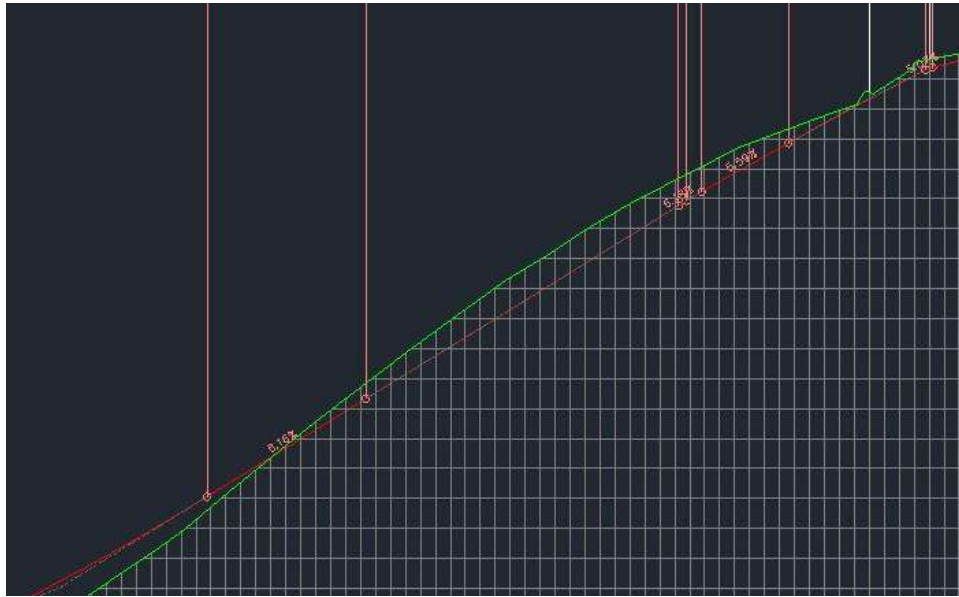


Figure 4-10: Allure du profil en long : PK 4+740 -- PK 4+905

Sur la section allant du PK 0+850 au PK 2+850 (Figure 4-11), la ligne rouge est composée d'une succession de pentes fluctuant entre 5 et 6% sur une longueur d'environ 2000 m. A cet effet, une voie supplémentaire pour les poids lourds sera prévue à cet endroit.

La longueur de la rampe pour une vitesse critique de 60 km/h et une pente de 6% est de l'ordre de 700 m. De plus, à la fin de la rampe, il faudra au véhicule lourd environ 200 m pour reprendre une vitesse normale. De ce fait, la voie supplémentaire s'étalera entre le PK 1+550 (point A) et le PK 3+050 (point B) comme montré sur la Figure 4-11.

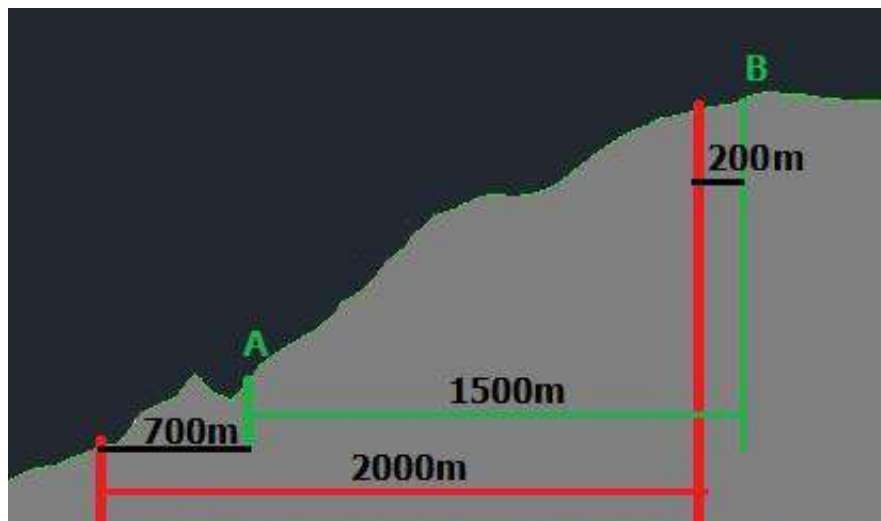


Figure 4-11: Section où la voie supplémentaire pour poids lourds est prévue

4.3.4 La ligne rouge finale :

La ligne rouge du profil en long adopté pour la route projetée est illustrée sur la Figure 4-12.

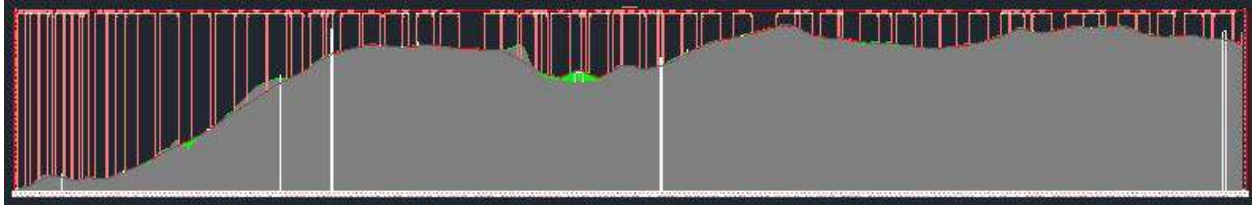


Figure 4-12: Ligne rouge finale

Les contraintes du relief du site traversée ne nous ont pas permis de respecter la totalité des recommandations du B40, notamment en matière de déclivité.

En effet, la pente maximum recommandée est de 5% tandis que, lors du tracé, nous étions contraints à dépasser cette limite, optant ainsi pour des pentes allant jusqu'à 6.5%.

Ces pentes qui sont hors normes doivent, bien évidemment, être scrupuleusement signalisées par les panneaux adéquats pour y attirer la vigilance des conducteurs.

Nous avons essayé de respecter une pente minimale d'environ 1% et ce pour favoriser l'écoulement gravitaire des eaux pluviales et éviter la stagnation de celles-ci.

La ligne rouge ci-dessus n'est pas définitive, des modifications pourraient éventuellement lui être apportées, notamment lors de la coordination entre le tracé en plan et le profil en long et la vérification des conditions de visibilité et de lisibilité.

CHAPITRE 2

*AMENAGEMENT ET EQUIPEMENTS DE
L'INFRASTRUCTURE ROUTIERE*

1.	ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS	37
2.	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	42
3.	SIGNALISATION.....	54
4.	ECLAIRAGE	58

1. Eléments du profil en travers

1.1 Introduction

On rappelle ici les différents éléments constitutifs d'un profil en travers type. On choisit ensuite les dimensions de chacun de ces éléments pour le cas de la route considérée.

1.2 Configuration générale d'un profil en travers :

Un profil en travers est constitué d'un ensemble d'éléments dont les dimensions varient selon le type de la route projetée et les caractéristiques de l'environnement dans lequel elle s'inscrit. La Figure 2-1 rappelle brièvement certains de ces éléments.

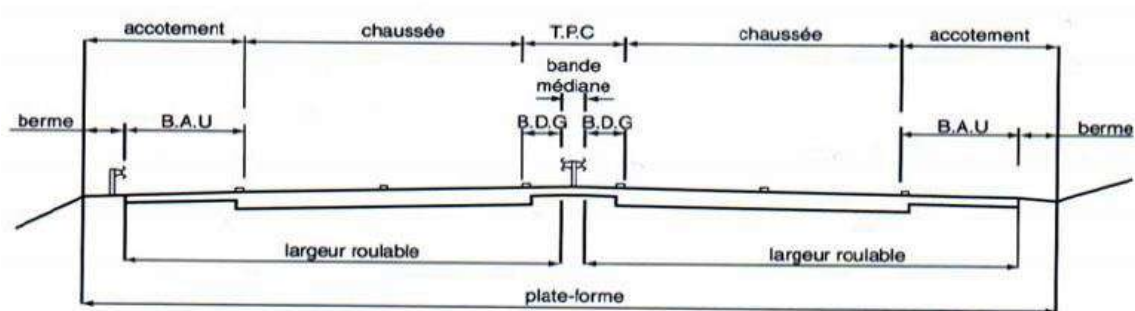


Figure 1-1: Représentation d'un profil en travers type

1.3 Choix des éléments du profil en travers type :

Le projet du deuxième boulevard périphérique est composé de deux chaussées unidirectionnelles, qui sont composées de 2 voies chacune. Chaque voie possède une largeur de 3.5 m, soit une largeur de 14 m pour la totalité des voies de l'infrastructure.

1.3.1 Le terre-plein central

Un terre-plein central (TPC) permet la séparation entre deux chaussées à sens de circulation opposés.

Pour une vitesse de référence de 100 km/h, la largeur du terre-plein central recommandée par le B40 varie entre 3 et 6 m.

On opte pour un terre-plein central de 4 m pour ne pas trop élargir l'emprise terrestre. Des séparateurs en béton seront prévus au droit de celui-ci, et ce pour éviter, en cas de dérapages des véhicules, que des collisions dangereuses aient lieu (Figure 1-2).



Figure 1-2: Eléments du terre-plein central

Un terre-plein central se compose de :

- **Une bande dérasée gauche** : elle permet au conducteur de corriger sa trajectoire dans le cas où il commet une erreur de conduite. Dans notre cas, on donne à la bande dérasée gauche une largeur de 1 m. Celle-ci sera dépourvue de tout obstacle et revêtue ;
- **Une bande médiane** : elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation et à implanter différents équipements. Sa largeur dépend principalement des éléments qui y sont implantés. Dans notre cas, on choisit d'y implanter deux glissières en béton, d'une largeur de 50 cm chacune, et d'une hauteur de 60 cm. L'espace entre elles sera réservé à l'implantation des dispositifs d'éclairage.

1.3.2 Les accotements

Les accotements s'étendent de la limite extérieure de la chaussée jusqu'à la limite de la plateforme. Dans notre cas, et pour des soucis de sécurité routière, nous aménagerons les accotements (Figure 1-3) en zones de sécurité, comme énoncé dans le Chapitre 0.



Figure 1-3: Accotement

Une zone de sécurité est constituée de deux éléments : une zone de récupération et une zone de gravité limitée.

- **La bande d'arrêt d'urgence** fera office de zone de récupération. Elle permettra aux conducteurs de corriger leurs trajectoires en cas d'erreurs de conduite mais aussi de

s'arrêter facilement en cas d'urgence. Sa largeur sera de 2.5 m. Elle sera revêtue et dépourvue de tout obstacle ;

- **La berme** contribue au dégagement visuel et supporte les différents équipements (glissière de sécurité, panneaux de signalisation verticale). Sa largeur dépend notamment de la largeur nécessaire au type d'équipements qui y seront implantés.
- **La zone de gravité limitée** vient après la zone de récupération, sa largeur dépendra des dimensions des fossés ainsi que du fait que l'on soit en déblai ou en remblai, et donc des hauteurs de ceux-ci. Les obstacles dans cette zone n'ont pas besoin d'être supprimés. S'ils sont préjudiciables pour les conducteurs, ils devront être protégés par des glissières de sécurité.

1.3.3 Les pentes transversales

Les pentes transversales du profil en travers tout au long de l'axe du projet sont définies par les dévers, qui ont déjà été arrêtés la partie *Conception du tracé en plan* du Chapitre 1. On rappelle qu'en alignement, l'infrastructure prend une allure en toit, avec une pente de 2.5% de part et d'autre de son axe.

1.3.4 Les talus

Les pentes des talus, en remblai ou en déblai, sont arrêtées à $\frac{2}{3}$ et ce pour une meilleure stabilité. Comme mentionné précédemment dans le partie *Conception du profil en long* du Chapitre 1, il y a des déblais allant jusqu'à 12 m de hauteur. Ces derniers sont aménagés en déblais de 6 m séparés par des risbermes de 3 m pour permettre la circulation des engins de chantier (Figure 1-4).



Figure 1-4: Aménagement des talus à hauteur importante

Les remblais dépassant 4 m de hauteur sont équipés de glissières de sécurité. C'est le cas du remblai précédant le passage supérieur prévu. Le remblai étant d'environ 6 m, il sera équipé d'une glissière en béton (Figure 1-5).



Figure 1-5: Aménagement des remblais à hauteur importante

La Figure 1-6 représente une vue en 3D du couloir aménagé une fois le profil en travers type affecté sur toute la longueur de l'itinéraire.



Figure 1-6: Illustration du profil en travers sur une section de la route

1.3.5 Le profil en travers avec voie supplémentaire pour les poids lourds

Tel qu'énoncé précédemment dans la partie *Conception du profil en long*, une voie supplémentaire pour les poids lourds sera prévue sur une longueur de 1500 m, du PK 1+550 au PK 3+050. Le profil en travers de la section concernée est illustré sur la Figure 1-7.



Figure 1-7: Illustration du profil en travers avec voie supplémentaire pour poids lourds

1.3.6 Le profil en travers sur ouvrage

Le profil en travers sur passage supérieure (du PK 4+560 au PK 4+620) est représenté sur la Figure 1-8. La largeur du terre-plein central a été réduite à 3 m à ce niveau. De part et d'autre du passage supérieur seront implantées des glissières de sécurité en béton doublées de gardes corps.



Figure 1-8: Illustration du profil en travers sur ouvrage

2. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

2.1 Introduction

La mise en place d'une nouvelle infrastructure routière résulte en la perturbation des écoulements d'eau naturels. Cela risque de causer d'énormes dommages. Pour remédier à cela, un bon assainissement routier doit être mis en place. Celui-ci doit assurer le drainage de la plateforme et la protection des talus. L'assainissement doit rétablir les écoulements naturels en procédant à la collecte et l'évacuation des eaux superficielles.

Un réseau d'assainissement est composé de plusieurs ouvrages hydrauliques, de dimensions variées, destinés à drainer les écoulements naturels et les eaux pluviales.

On rappelle dans ce chapitre les différents paramètres intervenants dans le dimensionnement des ouvrages hydrauliques d'assainissement. On dimensionne ensuite les différents ouvrages transversaux et longitudinaux, à savoir, les buses, les dalots et les fossés.

2.2 Données hydrographiques

2.2.1 Caractéristiques des bassins versants

La superficie de la wilaya de Mostaganem est de 2269 km². Elle fait partie de deux bassins hydrographiques qui sont le bassin de **Mahrez-Chelif** et le bassin **Oranie-Chott Chergui**. Cependant, la zone où se situe le projet appartient au second bassin hydrographique (Figure 2-1).



Figure 2-1: Bassin hydrographique Oranie-Chott Chergui (Source : ABH Oranie)

La région hydrographique « **Oranie - Chott Chergui** » est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la région Chélif et à l'Ouest par le Maroc.

Un traitement cartographique a permis de déterminer les caractéristiques morpho-géométriques des sous bassins versants, à savoir, leurs superficies, périmètres, longueurs, hauteurs maximales et

minimales et pentes. Les résultats ont été fournis par le bureau d'étude et sont rappelés dans le Tableau X, en annexe.

La Figure 2-2 présente les emplacements des différents bassins versants interceptés par le tracé du tronçon étudié.

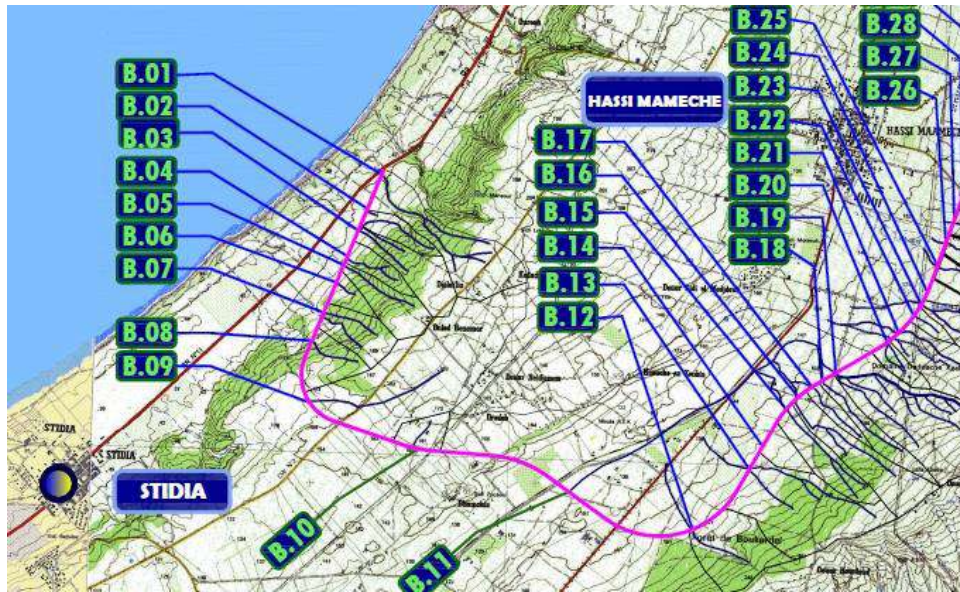


Figure 2-2: Projection des bassins versants sur la carte topographique

2.2.2 Pluviométrie de la région

Le climat de la zone d'étude est sub-humide à semi-aride en allant de la région côtière vers l'intérieur, tel que rappelé dans la partie *Présentation du projet* du Chapitre 1.

La station pluviométrique de Mostaganem est la plus proche de la zone d'étude, avec une période d'observation de 50 ans. Les données recueillies à la station pluviométrique de Mostaganem sont présentées dans le Tableau 2.1.

Tableau 2.1: Données disponibles à la station pluviométrique de Mostaganem (Source : ANRH)

Code station	Nom station	P_{jmoy}	C_v
04.06.14	Mostaganem	51.1	0.5

Avec :

P_{jmoy} : La pluie journalière moyenne ;

C_v : Le coefficient de variation ;

2.2.3 Le temps de concentration :

Le temps de concentration est la durée de l'averse qui produit le débit maximum. Il y a diverses formules qui permettent le calcul du temps de concentration en fonction des caractéristiques du bassin concerné. Ces formules donnent le temps de concentration en heures.

Formule de Ventura : pour $A < 5 \text{ km}^2$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{i}} \dots\dots (h)$$

Formule de Passini : pour $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{i}} \dots\dots (h)$$

Formule de l'ANRH (Sogreah 1986/89) : Cette formule est recommandée pour les petits bassins versants.

$$t_c = 3 \left(\frac{A.L}{(10.i)^2} \right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots (h)$$

Avec :

A : La surface du bassin versant, en km^2 ;

i : La pente du bassin versant, en % ;

L : La longueur du talweg principal, en km.

Le calcul du temps de concentration par ces différentes méthodes a été joint en annexe. Le choix du temps de concentration à considérer pour le dimensionnement s'est porté sur la méthode offrant les résultats les plus défavorables, à savoir, la formule de l'ANRH.

2.2.4 L'intensité de la pluie

Afin de déterminer l'intensité de la pluie, on calcule d'abord la hauteur de la pluie journalière maximale annuelle, en fonction des données disponibles à la station pluviométrique, déjà présentées dans le Tableau 2.1.

Vu l'importance de la route projetée, les différents ouvrages hydrauliques seront dimensionnés pour une période de retour de $T = 100$ ans.

2.2.4.1 Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} \text{Exp}(u \cdot \sqrt{\text{Ln}(Cv^2 + 1)}) \dots\dots (\text{mm})$$

Avec :

$P_{j\text{moy}}$: La pluie journalière moyenne (mm) ;

C_v : Le coefficient de variation ;

u : La variable de Gauss, qui dépend de la période de retour T . Pour $T = 100$ ans, $u = 2.33$.

2.2.4.2 Hauteur de la pluie de durée $t = t_c$

$$P_{t_c} = 1.13 P_j \left(\frac{t_c}{24}\right) \dots\dots (\text{mm})$$

Avec :

P_j : La hauteur de la pluie journalière maximale annuelle (mm) ;

t_c : Le temps de concentration (h).

2.2.4.3 Intensité horaire

$$i_{t_c} = \frac{P_{t_c}}{t_c} \dots\dots (\text{mm/h})$$

Avec :

P_{t_c} : La hauteur de la pluie de durée $t = t_c$ (mm) ;

t_c : Le temps de concentration (h).

Les calculs des différentes hauteurs de pluie ainsi que des intensités pour les temps de concentration calculés par la formule de l'ANRH ont été joints en annexe. Les intensités horaires seront utilisées plus loin pour le calcul des débits d'apport des différents bassins versants.

2.2.5 Le débit d'apport d'un bassin versant

Le débit d'apport d'un bassin versant est le volume d'eau provenant de celui-ci par unité de temps.

Le débit d'apport Q_a est calculé grâce à la méthode rationnelle, telle que :

$$Q_a = \frac{CIA}{3.6} \dots\dots (\text{m}^3/\text{s})$$

Avec :

C : Le coefficient de ruissellement de la plate-forme. C'est le rapport entre le volume d'eau qui ruisselle sur une surface donnée et le volume d'eau précipitée. Les valeurs du coefficient de ruissellement sont présentées dans le Tableau 2.2 ;

Tableau 2.2 : Valeurs du coefficient de ruissellement

Type de chaussée	C	Valeurs retenues
Chaussée revêtue en enrobé	0.80 – 0.95	0.95
Accotement	0.15 – 0.40	0.4
Talus	0.10 – 0.30	0.3
Terrain naturel	0.05 – 0.20	0.2

I : L'intensité des précipitations, en mm/h ;

A : La surface de la plate-forme à drainer, en km².

Le calcul des débits d'apport des bassins versants a été joint en annexe. Ces résultats serviront à dimensionner le système de drainage transversal, à savoir, les buses et les dalots.

Pour le dimensionnement des fossés, d'autres débits d'apport sont calculés en fonction des surfaces de la plate-forme à drainer.

2.3 Calcul des ouvrages hydrauliques

Les ouvrages hydrauliques que nous allons dimensionner dans le cadre de ce projet sont :

- Des ouvrages hydrauliques transversaux (buses et dalots), qui permettront de rétablir les écoulements naturels. Le choix entre buse et dalot se fera selon le débit que l'un ou l'autre devra drainer ;
- Des ouvrages hydrauliques horizontaux (fossés), qui permettront de collecter et évacuer les eaux de ruissellement et ainsi drainer la plate-forme routière.

- **Principe du calcul :**

Le principe de calcul est d'égaliser entre deux débits qui sont :

- Le débit d'apport Q_a provenant du bassin versant qu'on cherche à drainer ;
- Le débit de saturation Q_s calculé grâce à la formule de **Manning-Strickler** et qui tient compte de la forme de l'ouvrage hydraulique, de sa pente ainsi que la nature de ses parois.

$$Q_s = \frac{1}{n} \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} \dots\dots (m^3/s)$$

Avec :

n : Le coefficient de Manning, qui dépend de la nature des parois de l'ouvrage hydraulique ;

S_m : La surface mouillée ;

R_h : Le rayon hydraulique, égal au rapport entre S_m , la surface mouillée et P_m , le périmètre mouillé ;

I : La pente de l'ouvrage hydraulique.

- **Taux de remplissage :**

Pour le choix des dimensions d'un ouvrage hydraulique, un taux de remplissage doit être pris en considération. Généralement, il est recommandé que les ouvrages hydrauliques soient remplis à 80% pour assurer un écoulement à surface libre et éviter les dégâts entraînés par la saturation de l'ouvrage.

- **Conditions l'auto-curage :**

Ces conditions doivent être vérifiées pour assurer qu'il n'y ait pas de stagnation d'eau à l'intérieur des ouvrages hydrauliques.

1. Pour $\frac{1}{10}$ du débit à pleine section, $V \geq 0.60$ m/s ;
2. Pour $\frac{1}{100}$ du débit à pleine section, $V \geq 0.30$ m/s.

Pour un débit inférieur au débit de saturation, la vitesse d'écoulement doit être telle que toute l'eau puisse être drainée.

2.3.1 Système de drainage transversal

2.3.1.1 Dimensionnement des buses

Les buses représentent le système de drainage transversal. Elles servent à rétablir l'écoulement des sous bassins versants interceptés par l'emprise de la route.

Afin de déterminer les diamètres des buses, on égalise entre le débit d'apport Q_a du bassin versant et le débit de saturation Q_s calculé par la formule de Manning-Strickler, comme rappelé précédemment.

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

Avec :

n : Le coefficient de Manning, égal à 0.013 pour des parois en béton ;

S_m : La surface mouillée, $S_m = \pi \frac{d^2}{4}$;

R_h : Le rayon hydraulique, $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \frac{d^2}{4}}{\pi d} = \frac{d}{4}$;

I : La pente de la buse, qu'on prendra égale à 1%.

On injecte les expressions de S_m et R_h dans la formule de Manning-Strickler.

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \times \pi \frac{d^2}{4} \times \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I};$$

$$\text{D'où : } d = \left(\frac{Q_a \times n \times 4^{\frac{4}{3}}}{\pi \times \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

On opte par la suite pour un diamètre parmi les diamètres nominaux commercialisés, qui serait supérieur à d , et qui respecterait un taux de remplissage adéquat tout en assurant l'auto-curage.

Application numérique pour BV2 : $Q_a = 1.22 \text{ m}^3/\text{s}$

$$d = \left(\frac{1.22 \times 0.013 \times 4^{\frac{4}{3}}}{\pi \times \sqrt{0.01}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.653 \text{ m};$$

On choisit un diamètre nominal de $\phi 800$. Il reste à vérifier que ce diamètre pourra assurer un taux de remplissage adéquat, à savoir, 80%.

On calcule le débit à pleine section pour un diamètre de 0.8 m :

$$Q_{ps} = \frac{1}{0.013} \times \frac{0.8^2}{4} \pi \times \left(\frac{0.8}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.01} = 1.32 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$R_q = \frac{Q_a}{Q_{ps}} = \frac{1.22}{1.32} = 0.9242 \text{ d'où : } R_h = 0.7600 = \frac{h}{D_n};$$

Si on choisit de mettre en place la buse de diamètre $\phi 800$, on obtiendra un taux de remplissage d'environ 76% ce qui est inférieur au taux de remplissage recommandé (80%).

Vérification des conditions d'auto-curage

$$S = \frac{d^2}{4} \pi = \frac{0.8^2}{4} \pi = 0.503 \text{ m}^2;$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S} = \frac{1.32}{0.503} = 2.63 \text{ m}^2/\text{s};$$

$$1. \text{ Pour } Q = \frac{1}{10} \times Q_{ps} :$$

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1 \rightarrow R_v = 0.638 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = 0.638 V_{ps} = 0.638 \times 2.63 = 1.68 \text{ m}^2/\text{s} > 0.6 \text{ m}^2/\text{s} \checkmark$$

$$2. \text{ Pour } Q = \frac{1}{100} \times Q_{ps} :$$

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01 \rightarrow R_v = 0.315 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = 0.315 V_{ps} = 0.315 \times 2.63 = 0.83 \text{ m}^2/\text{s} > 0.3 \text{ m}^2/\text{s} \checkmark$$

Les conditions d'auto-curage sont vérifiées pour un diamètre $\phi 800$. Ce diamètre permet à des débits d'eau inférieures aux débits d'apport d'être évacué gravitairement.

2.3.1.2 Dimensionnement des dalots

Lorsque le débit d'apport d'un bassin versant est grand et ne peut pas être drainé par une buse, on opte pour des dalots. Les sous bassins versants **BV9** et **BV11** présentent des débits d'apport élevés par rapport aux autres bassins, à savoir $8.71 \text{ m}^3/\text{s}$ et $28.30 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivement. On optera donc pour des dalots à ces niveaux-là.

Les dalots sont des ouvrages hydrauliques transversaux, de forme rectangulaire, construits en béton armé. On note b sa largeur et h sa hauteur. On suppose un taux de remplissage de 80%, soit un tirant d'eau de $0.8h$ (figure 2-3).

On égalise entre le débit d'apport à drainer et le débit de saturation, comme déjà rappelé.

On fixe la largeur b du dalot, et on effectue un calcul itératif pour obtenir la valeur de h .

Le débit drainé par un dalot est défini par l'équation de Manning-Strickler.

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

Avec :

n : Le coefficient de Manning, égal à 0.013 pour des parois en béton ;

S_m : La surface mouillée, $S_m = b \times 0.8h$;

R_h : Le rayon hydraulique,

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{b \times 0.8h}{2 \times 0.8h + b} ;$$

I : La pente du dalot, qu'on prendra égale à 1%.

On injecte ces deux relations dans la formule de Manning-Strickler.

$$Q = \frac{1}{n} \times (b \times 0.8h) \times \left(\frac{b \times 0.8h}{1.6h + b} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} ;$$

$$\text{D'où : } h_{i+1} = \frac{1}{0.8b} \left(\frac{Q \times n}{\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \times (b + 1.6h_i)^{\frac{2}{5}} ;$$

On suppose, en premier lieu, une hauteur h_o qui assure une vitesse d'auto-curage de 2 m/s.

$$V = \frac{Q}{S_m} = \frac{Q}{0.8h_o \times b} ;$$

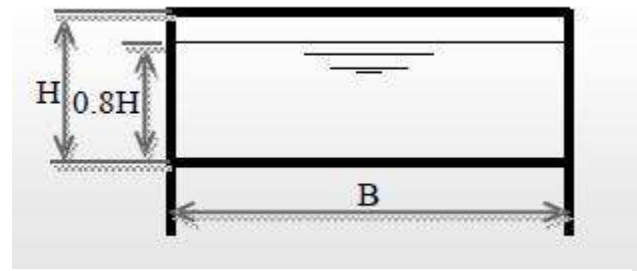


Figure 2-3: Schéma d'un dalot

$$D'où : h_o = \frac{Q}{0.8V \times b} = \frac{Q}{0.8 \times 2 \times b} = \frac{Q}{1.6b} ;$$

Application pour le BV9 : Q = 8.71 m³/s

On pose la largeur du dalot b = 1.7 m ;

$$h_o = \frac{Q}{1.6b} = \frac{8.71}{1.6 \times 1.7} = 3.202 \text{ m} ;$$

$$h_{i+1} = \frac{1}{0.8 \times 1.7} \left(\frac{8.71 \times 0.013}{\sqrt{0.01}} \right)^{\frac{3}{5}} \times (1.7 + 1.6h_i)^{\frac{2}{5}}$$

$$h_{i+1} = 0.792 \times (1.7 + 1.6h_i)^{\frac{2}{5}}$$

$$h_1 = 0.792 \times (1.7 + 1.6h_0)^{\frac{2}{5}}$$

$$h_1 = 0.792 \times (1.7 + 1.6 \times 3.202)^{\frac{2}{5}} = 1.7072 \text{ m} ;$$

En effectuant des itérations, on obtient une valeur constante, qui sera la hauteur du dalot.

$$h_2 = 1.4365 ;$$

$$h_3 = 1.3786 ;$$

$$h_4 = 1.3657 ;$$

$$h_5 = 1.3628 ;$$

$$h_6 = 1.3621 ;$$

$$h_7 = 1.3619 ;$$

$$h_8 = 1.3619.$$

Au-delà de la 8^{ième} itération, le résultat est constant.

De ce fait, la hauteur du dalot est arrêtée à **1.4 m**.

Vérification des conditions d'auto-curage :

$$Q_{ps} = \frac{1}{n} \times (b \times h) \times \left(\frac{b \times h}{2h+b} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} = \frac{1}{0.013} \times (1.7 \times 1.4) \times \left(\frac{1.7 \times 1.4}{2(1.4+1.7)} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.01} = 9.67 \text{ m}^3/\text{s} ;$$

$$S = b \times h = 1.7 \times 1.4 = 2.38 \text{ m}^2 ;$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S} = \frac{9.67}{2.38} = 4.06 \text{ m}^2/\text{s} ;$$

1. Pour $Q = \frac{1}{10} \times Q_{ps} :$

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1 \rightarrow R_v = 0.638 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = 0.638 V_{ps} = 0.638 \times 4.06 = 2.59 \text{ m}^2/\text{s} > 0.6 \text{ m}^2/\text{s} \checkmark$$

2. Pour $Q = \frac{1}{100} \times Q_{ps}$:

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01 \rightarrow R_v = 0.315 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = 0.315 V_{ps} = 0.315 \times 4.06 = 1.28 \text{ m}^2/\text{s} > 0.3 \text{ m}^2/\text{s} \checkmark$$

Les conditions d'auto-curage sont vérifiées pour un dalot de dimensions 1.7m x 1.4m.

De même, pour le **BV11**, ayant un débit d'apport $Q_a = 28.30 \text{ m}^3/\text{s}$, le calcul itératif a été effectué, et a abouti à deux dalots de dimensions 2 m x 1.5 m.

2.3.2 Système de drainage horizontal

2.3.2.1 Dimensionnement des fossés

Les fossés sont des ouvrages hydrauliques horizontaux qui drainent la plateforme de la route. La section transversale d'un fossé est souvent triangulaire ou trapézoïdale.

Un fossé est destiné à drainer le talus ainsi que la partie de la chaussée qui lui sont adjacents. Ces différents éléments sont de natures différentes, c'est pour cela que la surface totale drainée par un fossé est subdivisée en plusieurs parties

De même que pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques transversaux, le principe ici est d'égaliser entre le débit d'apport Q_a et le débit de saturation Q_s .

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning-Strickler, comme rappelé précédemment.

$$Q_s = \frac{1}{n} \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

Avec :

n : Le coefficient de Manning, qu'on prendra égal à 0.013 pour un fossé revêtu ;

I : La pente de l'ouvrage hydraulique, qu'on prendra égale à 1%.

Les fossés à dimensionner sont de forme trapézoïdale (Figure 2-4).

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \frac{e \times h}{2} ;$$

$$\cot \alpha = \frac{e}{h} = m, m \text{ étant la pente de la paroi du fossé ;}$$

$$\text{D'où : } e = m \times h ;$$

$$S_m = b \times h + m \times h^2 = h (b + m \times h) ;$$

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h (b + mh)}{b + 2B} ;$$

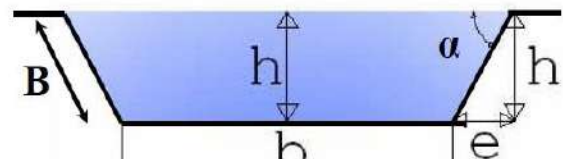


Figure 2-4: Schéma d'un fossé

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + m^2 \cdot h^2} = h \cdot \sqrt{1 + m^2};$$

$$D'où : R_h = \frac{h(b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}};$$

On fixe la base des fossés à une valeur donnée b et les pentes des parois à 1. On effectue des itérations pour aboutir à une valeur adéquate pour la hauteur du fossé.

$$h_{i+1} = \frac{1}{b+h_i} \left(\frac{Q_a \cdot n}{\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} (b + 2\sqrt{2} \cdot h_i)^{\frac{2}{5}}$$

Application numérique au projet :

On applique les calculs explicités plus haut pour le cas d'un fossé qui servira à drainer un talus d'une hauteur maximale de 8 m sur une longueur de 200 m, ainsi que la chaussée et l'accotement qui lui sont adjacents.

On distingue trois parties, dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 2.3.

Tableau 2.3: Surface et coefficients de ruissellement

Surface d'apport	Surface (km)	Coefficient de ruissellement C
Chaussée	0.0021	0.95
Accotement	0.0008	0.4
Talus	0.0012	0.3

$$C_{\text{éq}} = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} = \frac{0.0021 \times 0.95 + 0.0008 \times 0.4 + 0.0012 \times 0.3}{0.0021 + 0.0008 + 0.0012} = 0.652 ;$$

$$Q_a = \frac{CIA}{3.6} = \frac{0.652 \times 205 \times (0.0021 + 0.0008 + 0.0012)}{3.6} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}.$$

On pose b = 20 cm.

$$h_{i+1} = \frac{1}{b+h_i} \left(\frac{Q_a \cdot n}{\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} (b + 2\sqrt{2} \cdot h_i)^{\frac{2}{5}} = \frac{1}{0.2+h_i} \left(\frac{0.15 \times 0.013}{\sqrt{0.02}} \right)^{\frac{3}{5}} (0.2 + 2\sqrt{2} \cdot h_i)^{\frac{2}{5}}$$

Pour le calcul itératif, on prend $h_0 = 1 \text{ m}$.

$$h_1 = 0.0993 \text{ m} ;$$

$$h_2 = 0.1907 \text{ m} ;$$

$$h_3 = 0.1735 \text{ m} ;$$

$$h_4 = 0.1761 \text{ m} ;$$

$$h_5 = 0.1762 \text{ m} ;$$

$$h_6 = 0.1762 \text{ m} ;$$

Au-delà de la 6^{ième} itération, le résultat reste constant. On prend donc $h = 0.2 \text{ m}$.

Vérification des conditions d'auto-curage :

$$Q_{ps} = \frac{1}{n} \times h (b \times h) \times \left(\frac{h (b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} ;$$

$$Q_{ps} = \frac{1}{0.013} \times (1.7 \times 1.4) \times \left(\frac{0.2 (0.2+0.2)}{0.2+2 \times 0.2\sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.01} = 0.136 \text{ m}^3/\text{s} ;$$

$$S = h (b + h) = 0.2 (0.2 + 0.2) = 0.08 \text{ m}^2 ;$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S} = \frac{0.136}{0.08} = 1.7 \text{ m}^2/\text{s} ;$$

1. Pour $Q = \frac{1}{10} \times Q_{ps}$:

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1 \rightarrow R_v = 0.638 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = 0.638 V_{ps} = 0.638 \times 1.7 = 1.08 \text{ m}^2/\text{s} > 0.6 \text{ m}^2/\text{s} \checkmark$$

2. Pour $Q = \frac{1}{100} \times Q_{ps}$:

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01 \rightarrow R_v = 0.315 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = 0.315 V_{ps} = 0.315 \times 1.7 = 0.54 \text{ m}^2/\text{s} > 0.3 \text{ m}^2/\text{s} \checkmark$$

Les conditions d'auto-curage sont vérifiées pour un fossé trapézoïdal de base ayant 20 cm et de hauteur de 20 cm.

3. Signalisation

3.1 Introduction

La signalisation et les dispositifs d'éclairage ont un rôle indéniablement important quant à la sécurité et l'exploitation de l'infrastructure. Cependant, une signalisation routière mal choisie ou mal implantée pourrait être elle-même la cause de beaucoup de problèmes, notamment pour la sécurité des usagers de la route.

De ce fait, il y a lieu de choisir et d'implanter les signalisations de façon à respecter visibilité, lisibilité, homogénéité et cohérence quant aux règles de la circulation et à la géométrie de la route. Il ne faut pas que les panneaux de signalisation et marquages renvoient des messages contradictoires à l'usager. Il ne faut également pas que les informations données par la signalisation soient si denses que le conducteur en est perplexe et n'arrive plus à décider de la manœuvre adéquate à opérer.

3.2 Signalisation horizontale et verticale

La signalisation envisagée pour le projet a été choisie selon les recommandations de l'arrêté et instruction interministériels du 15 juillet 1974 [9]. On distingue deux types de signalisation.

3.2.1 La signalisation horizontale

La signalisation horizontale comprend les marquages routiers horizontaux. Elle sert à délimiter les différentes voies de la chaussée, et indique ainsi les situations de dépassements autorisés et non autorisés.

3.2.1.1 Les lignes longitudinales

La largeur de ces lignes est définie en fonction d'une unité u , égale à 7.5 cm. On distingue :

- Les lignes continues : elles interdisent aux usagers de la route de les franchir ou de les chevaucher. Elles sont utilisées pour délimiter le terre-plein central.
- Les lignes discontinues : elles séparent les différentes voies de circulation ou indiquent la limite de la rive de la chaussée.

La Tableau 3.1 indique les largeurs et les espacements des lignes longitudinales utilisées pour le projet.

Tableau 3.1: Caractéristiques des marquages routiers adoptés [9]

Désignation des marques	Modulation	Largeur
Lignes longitudinales		
1. Lignes continues . Ligne de délimitation de terre-plein central	Continue	$2u = 15 \text{ cm}$
2. Lignes type T1 . Ligne de délimitation de voies	T1 : trait 3 m Espace 10 m	$2u = 15 \text{ cm}$
3. Lignes type T2 . Ligne de rive	T2 : trait 3 m Espace 3.5 m	$3u = 22.5 \text{ cm}$

La Figure 3-1 présente clairement la mise en place de celles-ci sur la chaussée.

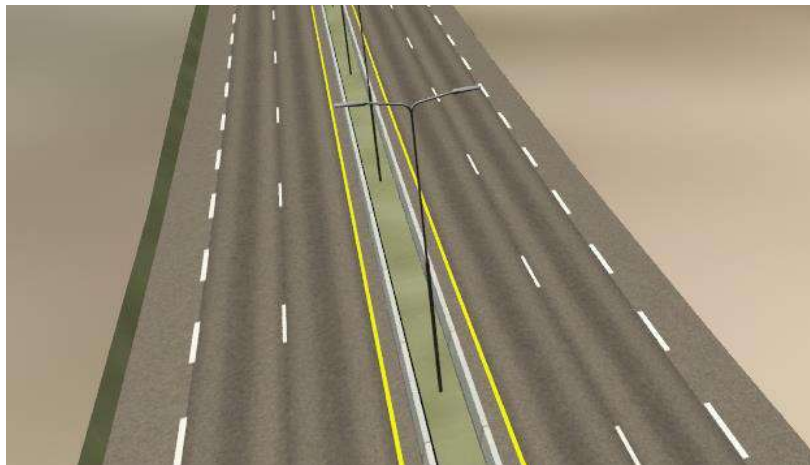


Figure 3-1: Illustration des marquages routiers

3.2.2 La signalisation verticale

Elle englobe tous les panneaux de signalisation. Ceux-ci diffèrent en forme et en couleur selon les indications qu'ils apportent à l'utilisateur. Les panneaux doivent se trouver à droite de la chaussée dans le sens de la circulation. La distance entre le panneau et la rive voisine ne doit pas être inférieure à 0.70 m. La hauteur réglementaire des signaux au-dessus du sol est fixée à 1 m.

Le choix des panneaux de signalisation est explicité ci-dessus.

- **Signaux d'avertissement de danger** : ils imposent aux usagers de la route une vigilance particulière avec ralentissement de vitesse selon la nature du danger signalé. Ils seront placés à une distance de l'endroit dangereux de façon à optimiser leur efficacité ;

Dans notre cas, il faut signaler les différentes pentes/rampes dangereuses, qui dépassent la pente/rampe limite (Figure 3-2). La signalisation d'avertissement de danger aura pour objectif de signaler les pentes et rampes dangereuses. Ces signaux seront, selon la vitesse de référence, implantés à 150 – 200 m de l'obstacle. Les panneaux illustrés dans la figure 3-2 indiquent des pentes/rampes de 10%, cependant, dans notre cas, les pentes/rampes dangereuses sont de l'ordre de 6%.



Figure 3-2: Signalisation des pentes et rampes dangereuses

- **Signaux de réglementation** : ils se subdivisent en 3 catégories, qui sont : signaux de priorité, signaux d'interdiction et de restriction et signaux d'obligation ;

La voie supplémentaire pour poids lourds est à signaler, pour indiquer aux véhicules lourds de l'emprunter. La fin de cette voie sera également signalée pour signifier aux véhicules qui l'empruntent de rejoindre la voie de gauche (Figure 3-3).



Figure 3-3: Signalisation du rabattement de la voie supplémentaire

- **Signaux d'indication de direction** : ils donnent aux usagers des indications sur l'identification des routes, de la direction, de la localisation ainsi que d'autres indications.

Ce type de panneaux sera principalement implantés au niveau des carrefours giratoires, pour indiquer les directions et destinations des différentes branches qui le composent. Les panneaux sont « Rouge avec inscriptions blanches » pour indiquer les Routes Nationales (RN) et « Jaune avec inscription bleues » pour indiquer les Chemins de Wilaya (CW).

On rappelle que les usagers de la route doivent marquer un arrêt à l'approche d'un carrefour giratoire. Un signal doit être implanté à 150 – 200 m de l'intersection, indiquant la présence d'un carrefour giratoire.

D'autres panneaux tels que « B1 : cédez le passage à l'intersection » et « B2 : arrêt obligatoire à l'intersection » seront ajoutés (Figure 3-4).



Figure 3-4: Signalisation cédez le passage et arrêt obligatoire

Egalement, un panneau devra être implanté pour indiquer aux usagers du carrefour que la circulation à l'intérieur de celui-ci se fait selon un sens giratoire obligatoire (Figure 3-5).



Figure 3-5: Signalisation circulation à sens giratoire

3.3 Conclusion

La signalisation choisie dans ce chapitre sera implantée en bonne et due forme le long de l'itinéraire. Elle sera vérifiée dans le Chapitre 4 pour décider si les distances auxquelles les panneaux seront implantés sont suffisantes pour que les usagers de la route puissent les voir et réagir en temps voulu.

La signalisation recommandée pour les carrefours giratoires ne sera pas vérifiée car ces derniers restent à dimensionner pour ce projet.

4. Eclairage

4.1 Introduction

Pour assurer un confort et une sécurité de conduite, les lampadaires destinés à l'éclairage routier devraient être sélectionnés et implantés de manière précise. Deux lampadaires successifs ne doivent pas être très espacés au point d'avoir des sections de route non éclairées entre les deux. Ils ne doivent pas non plus être très rapprochés, au risque de causer l'éblouissement chez les usagers de la route.

4.2 Choix des dispositifs d'éclairage

Plus la chaussée est large plus les lampadaires devraient être installés en hauteur pour pouvoir assurer un éclairage adéquat. De plus, plus la vitesse de référence est importante, plus les lampadaires devraient être rapprochés. Il n'existe par ailleurs pas de règles rationnelles pour sélectionner le lampadaire, la hauteur et la distance.

On opte ici pour des lampadaires de 12 m de hauteur. Les lampadaires sont implantés à des intervalles réguliers de 20 m. La Figure 4-1 représente la vue qu'on a du couloir la nuit.



Figure 4-1: Disposition de l'éclairage

Ce choix pour les dispositifs d'éclairage sera évalué dans le Chapitre 4 de ce mémoire.

CHAPITRE 3

GEOTECHNIQUE ET CORPS DE CHAUSSEE

1.	ETUDE GEOTECHNIQUE	59
2.	DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....	64

1. Etude géotechnique

1.1 Introduction

Le couloir choisi pour la route projetée traverse des terrains dont la nature peut varier d'un emplacement à un autre. Pour connaître les différentes caractéristiques de ces sols, une étude géotechnique est menée. Ces travaux de reconnaissance déterminent la stratigraphie du sol le long du tracé considéré. La géologie du site vient compléter ces données pour fournir une idée sur la nature des sols composant la région.

Après une brève présentation du cadre géologique de la région, on introduit dans ce chapitre le contexte géologique de la région de Mostaganem et on donne les résultats des campagnes de reconnaissance géotechnique, menées par le Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest (LTPO).

1.2 Contexte géologique de la région de Mostaganem

La région de Mostaganem fait partie de la feuille de Mostaganem, qui correspond à la portion du littoral algérien située à l'Est d'Oran. Elle se caractérise par une dépression qui s'étend du sud-ouest oranais à la vallée du Chéelif, à l'est. Cette dépression est encadrée par les massifs du littoral au nord, et un ensemble de massifs montagneux au sud.

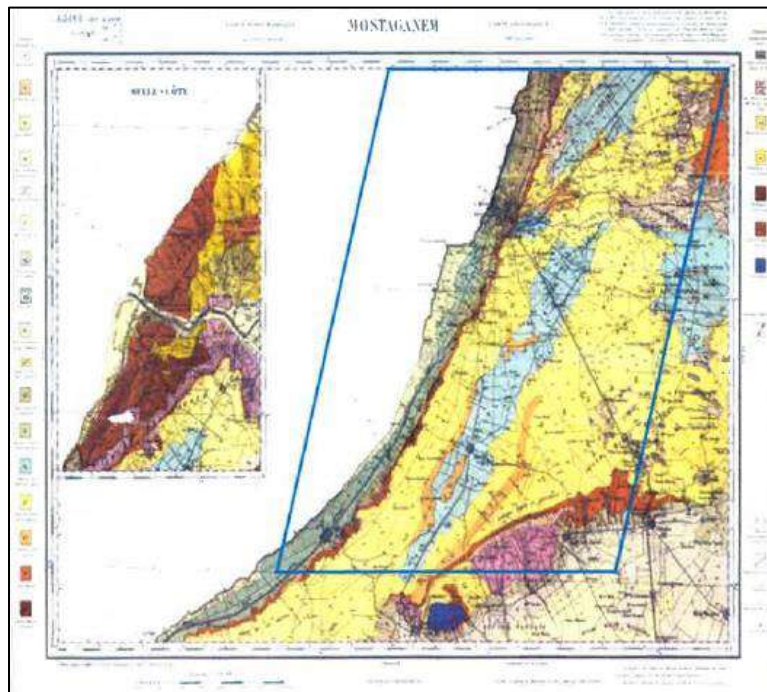


Figure 1-1: Carte géologique de la région de Mostaganem

Le terrain considéré pour la route projetée est généralement composé par des alternances grésosableuses, et ce d'après la carte géologique de Mostaganem (Figure 1-1) ainsi que des campagnes de reconnaissance réalisées à quelques stations le long du couloir envisagé pour la route projetée.

Au niveau de la région de **Stidia**, les formations rencontrées en surface sont de nature sableuse, parfois argileuse et à fragments de grès. Plus en profondeur, reposent souvent des grès (Figure 1-2).



Figure 1-2: Différentes vues de la situation des terrains au droit du tracé, du PK 0+000 au PK 4+500

Au niveau de la région de **Hassi Mameche**, on retrouve les formations du plateau de Mostaganem, qui sont du sable et du grès, souvent masqué par des carapaces grésocalcaire (Figure 1-3).



Figure 1-3: Différentes vues de la situation des terrains au droit du tracé, à partir du PK 6+600

1.3 Essais de reconnaissance : Creusement des puits de reconnaissance

Des puits de reconnaissance ont été creusés, le long du tracé, à l'aide d'une pelle mécanique jusqu'au refus ou arrêtés intentionnellement à une profondeur de 3 m. Ces puits sont répartis sur la zone destinée au projet comme montré sur la Figure 1-4.



Figure 1-4: Situation des puits de reconnaissance dans la zone d'étude

Ces puits ont permis de déterminer la lithologie sur la profondeur considérée.

Le Tableau 1.1 présente les différentes formations rencontrées dans ces puits, selon la profondeur.

Tableau 1.1: Formations identifiées par puits de reconnaissance

N° du puits	Point Kilométrique	Profondeurs (m)	Formations
P01	0+370	0.00 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 2.90	Sable beige à brunâtre fin, avec des concrétions gréseuses à la base
P02	2+150	0.00 – 0.40	Terre végétale
		0.40 – 1.70	Sable beige à brunâtre fin, avec des concrétions gréseuses à la base
		1.70 – 1.80	Grès beige à grains fin dur, à ciment calcaire par endroits
P03	3+270	0.00 – 0.90	Terre végétale
		0.90 – 1.30	Sable limoneux brun rougeâtre
		1.30 – 1.60	Encroûtement grésocalcaire rose beige dur
P04	5+470	0.00 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 0.70	Sable limoneux brun rougeâtre
		0.70 – 1.00	Encroûtement grésocalcaire rose beige dur

Au droit de ces puits, aucune trace d'eau n'a été décelée, ce qui est normal dans des terrains sablo-gréseux perméables en absence de substratum imperméable superficiel.

Afin de savoir lesquels des puits du Tableau 1.1 nous intéressent, nous avons réparti ceux-là sur l'itinéraire. Cette répartition est illustrée sur la Figure 1.5.

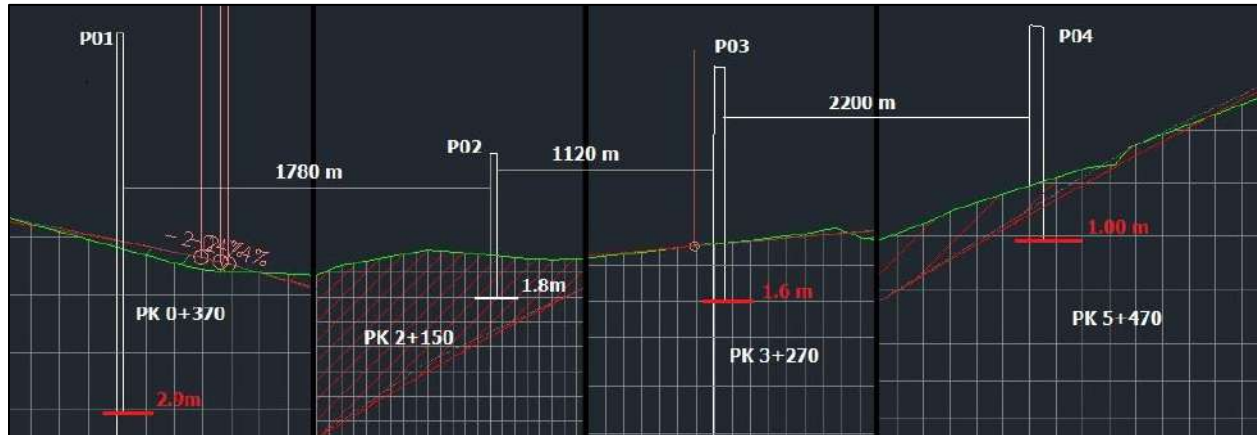


Figure 1-5: Situation en profondeur des puits de reconnaissance

La Figure 1.5 montre que le puits 2 ne va pas assez en profondeur pour donner des informations pertinentes à propos de la plate-forme sur laquelle reposera l'infrastructure projetée.

L'échantillon de sol remanié récupéré au droit du puits P01 a servi pour des essais de laboratoire. Les résultats sont donnés dans le Tableau 1.2.

Tableau 1.2: Récapitulatif des caractéristiques physiques et mécaniques au droit du puits P01

%Fines < 80 μ	ω_{nat} (%)	ω_{opt} (%)	ES (%)	I_p (%)	ω_L (%)	$\gamma_{d_{opt}}$ (t/m^3)	CBR à 100% imbibé	CBR à 100% immédiat	VBS (gr/100gr)	SO ₄ (mg/Kg)
23	20.3	6.80	14.40	N.M	14.9	1.99	10.00	58.1	0.30	NUL

Les sols à cet emplacement sont majoritairement classés B5, selon le GTR (guide technique, réalisation des remblais et des couches de formes, Fascicule 2).

Leur teneur en eau naturelle moyenne est supérieure à celle de l'optimum d'environ 14%.

Il y a une différence notable entre le $CBR_{immédiat}$ (58.01) et $CBR_{imbibé}$ (10), ce qui montre que le sol perd de sa portance lorsqu'il est exposé à l'eau. Cette perte de portance au contact de l'eau peut être expliquée par la présence de calcaire au droit de ces sols.

Le $CBR_{imbibé}$ présente une valeur de 10. Selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, Fascicule 1, les sols à cet emplacement sont de classe S3.

La nature de la formation gréseuse et la quantité insuffisante de la formation sableuse rencontrées au droit des puits P03 et P04 ont fait qu'il a été impossible de réaliser des essais de laboratoire pour ces puits.

1.4 Conclusion :

D'après les campagnes de reconnaissance géotechnique réalisées et les données géologiques de la région de Mostaganem, on conclut que cette dernière est une région grésosableuse.

En l'absence d'informations sur la résistance des sols surmontés, et pour les besoins du projet, nous considérerons une plate-forme supérieure des terrassements de classe S2, soit une résistance de 50 MPa.

2. Dimensionnement du corps de chaussée

2.1 Introduction :

Un projet routier ne se limite pas à sa conception géométrique. Le corps de chaussée a lui aussi une importance primordiale, car il travaillera à supporter les sollicitations dues au trafic sur toute la durée de vie de la structure.

Le dimensionnement du corps de chaussée consiste en la détermination des différentes couches composant celui-ci ainsi que leurs épaisseurs. Il prend en considération plusieurs paramètres : le trafic, le climat, la qualité du sol support et les matériaux de chaussée.

On appliquera dans ce chapitre les recommandations du **catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves**, pour choisir une structure de chaussée adéquate. On vérifiera ensuite que la structure choisie peut résister aux sollicitations et à l'agressivité du trafic qu'elle devra recevoir.

2.2 Application de la méthode du catalogue Algérien :

2.2.1 Les données climatiques :

Le dimensionnement du corps de chaussée prend en considération une température équivalente θ_{eq} , propre à chaque zone climatique.

La carte climatique de l'Algérie (Figure 2-1) indique les différentes zones climatiques existantes. La région de Mostaganem se retrouve dans la zone climatique II.

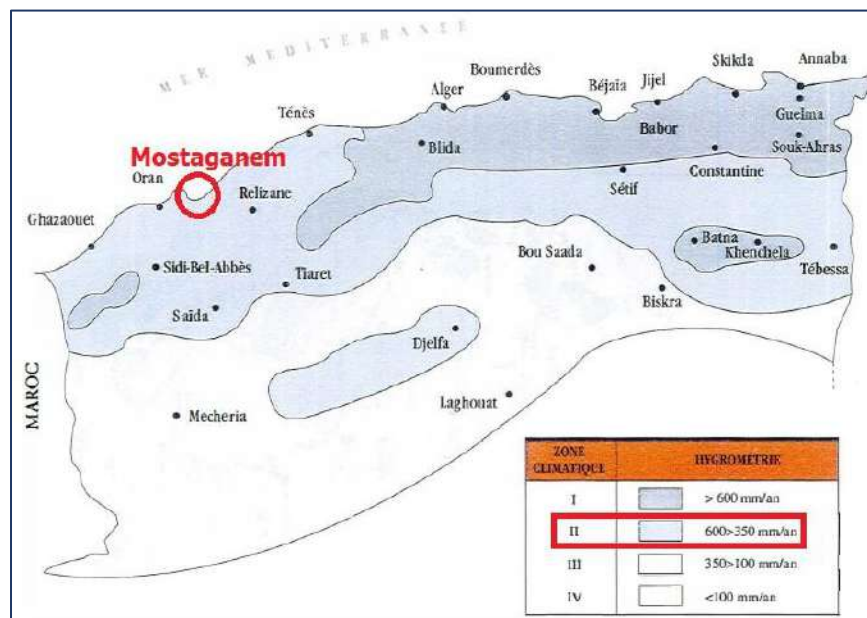


Figure 2-1: Carte climatique de l'Algérie [10]

La température équivalente à considérer, d'après le Tableau 2.1, issu le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, Fascicule 2, est 20°C.

Tableau 2.1: Choix des températures équivalentes [11]

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente $\theta_{\text{éq}}$	20°C	25°C	30°C

2.2.2 Les données du trafic :

Les données du trafic fournies par le bureau d'études :

TJMA à l'année de mise en service = 6900 véhicules/jour ;

%PL = 30%.

2.2.2.1 Détermination du type de réseau principal (RPI) :

$TJMA_{2021} = 6900$ véhicules/jours > 1500 véhicules/jours ;

Donc, le réseau principal est **RP1**.

2.2.2.2 Détermination de la classe de trafic (TPLi) :

Le trafic est calculé et classifié selon les recommandations du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 2001.

On calcule le trafic poids lourds en fonction du trafic journalier moyen annuel et du pourcentage de poids lourds qui composent celui-ci.

Pour :

$TJMA_{2021} = 6900$ véhicules/jour ;

%PL = 30% ;

On a :

$TPL_{2021} = \%PL \times TJMA_{2021} = 0.30 \times 6900 = 2070$ PL/jour.

Du fait de l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies, le catalogue recommande pour les chaussées unidirectionnelles à 2 voies, de répartir 90% du trafic poids lourds sur la voie lente de droite.

Les résultats sont récapitulés dans le Tableau 2.2.

Tableau 2.2: Calcul et répartition du trafic poids lourds

$TJMA_{2021}$ (véhicules/j)	TPL_{2021} (PL/j)	TPL_{2021} (PL/j/sens)	TPL_{2021} (PL/j/voie la plus chargée)
6900	2070	1035	932

Du fait que le TPL_{2021} est compris entre 600 et 1500 PL/jour/voie la plus chargée, la classe de trafic correspondante est **TPL5**.

2.2.2.3 Calcul du trafic équivalent cumulé :

Le trafic équivalent cumulé est le trafic cumulé de poids lourds sur une période donnée (durée de vie) qui dépend du réseau principal et de la structure de chaussée envisagée, tout en prenant en considération l'agressivité des poids lourds. Il est donné par la formule suivante :

$$TEC_i = TPL_0 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times CAM \dots\dots (Essieux 13t).$$

Où :

TEC_i : Le trafic équivalent cumulé à la fin de vie de la structure ;

TPL_0 : Le trafic poids lourds à l'année de mise en service ;

i : Le taux d'accroissement géométrique du trafic ;

n : La durée de vie considérée ;

CAM : Le coefficient d'agressivité moyen des poids lourds par rapport à l'essieu de référence.

$$TEC_{2041} = TPL_{2021} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times CAM ;$$

$$TPL_{2021} = 932 \text{ PL/j/voie la plus chargée ;}$$

$i = 4\%$, du fait de l'absence d'informations sur le taux d'accroissement géométrique, on considère ce taux de 4% qui résulte d'une enquête nationale de trafic, dans le cadre de l'étude du schéma directeur routier national ;

$n = 20$ ans, c'est la durée de vie considérée pour les structures en matériaux traités aux liants bitumineux ;

$CAM = 0.6$, donné par le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, fascicule 2, pour les chaussées à matériaux traités au bitume, dans un réseau principal RP1 ;

$$TEC_{2041} = 932 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 \times 0.6 ;$$

$$TEC_{2041} = 6.08 \times 10^6 \text{ essieux 13t.}$$

2.2.3 Le risque de calcul :

D'après le Tableau 2.3, du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, le pourcentage de risque à considérer pour une classe de trafic TPL5 est de 10%.

Tableau 2.3: Risques adoptés pour le réseau RP1 [11]

	Classe de trafic TPLi (PL/j/voie la plus chargée)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2

2.2.4 La portance du sol-support :

Comme mentionné dans l'étude géotechnique, la plate-forme considérée pour les besoins du projet est une plate-forme S2, soit une résistance de 50 MPa, suffisante pour recevoir une infrastructure du réseau RP1.

2.2.5 Choix des couches constitutives du corps de chaussée :

On rappelle que la route projetée se situe dans le réseau principal **RP1**, et la zone climatique **II**. La classe de trafic est **TPL5** et la classe de la plate-forme est **S2**.

Pour une durée de vie de **20 ans** et un taux d'accroissement de **4%**, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves propose les structures de chaussée en matériaux traités au bitume, présentées dans les Figures 2-2 et 2-3.

Type : MTB
Zone climatique : I et II
Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi PL/j/sens	Si	S2	
		50 MPa	125 MPa
6000			
TPL7			
3000			
TPL6			
1500			
TPL5			
600			

Figure 2-2 : Structure de chaussée (1) proposée - Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, Fascicule 3 [12]

Type : MTB
 Zone climatique : I et II
 Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPI Pl./j/sens	Si	S2	
		50 MPa	125 MPa
6000	TPI7	8 BB 14 GB 15 GB	
3000			
3000	TPI6	8 BB 12 GB 13 GB	
1500			
1500	TPI5	6 BB 11 GB 12 GB	
600			

Figure 2-3: Structure de chaussée (2) proposée - Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, Fascicule 3 [12]

2.2.6 Vérification à la fatigue des structures proposées et de la déformation du sol support :

Les structures de chaussée présentées dans les Figures 2-2 et 2-3 doivent être vérifiées vis-à-vis de la fatigue. On doit s'assurer que les déformations, calculées plus loin à l'aide du logiciel ALIZE, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées ci-dessus.

2.2.6.1 Calcul des sollicitations admissibles :

a. Déformations admissibles sur le sol support $\epsilon_{z,adm}$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TEC_i)^{-0.235} ;$$

Où :

TEC_i : Le trafic équivalent cumulé à la fin de vie de la structure.

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TEC_{2041})^{-0.235} ;$$

$$TEC_{2041} = 6.08 \times 10^6 ;$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6.08 \times 10^6)^{-0.235} ;$$

$$\epsilon_{z,adm} = 560.02 \times 10^{-6}.$$

b. Déformations admissibles de traction $\varepsilon_{t,adm}$

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6 (10^\circ, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_\Theta \times k_r \times k_c$$

Où :

$\varepsilon_6 (10^\circ, 25\text{Hz})$: La déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue) ;

$k_{ne} = \left(\frac{10^6}{TECi}\right)^{-b}$: Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, avec b la pente de la droite de fatigue ;

$k_\Theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\Theta_{\acute{e}q})}}$: Facteur lié à la température, avec E le module d'élasticité du matériau bitumineux à 10°C et à $\Theta_{\acute{e}q}$;

$k_r = 10^{-tb\delta}$: Facteur lié au risque et aux dispersions, avec $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \cdot Sh\right)^2}$ où :

SN : La dispersion sur la fatigue ;

Sh : La dispersion sur les épaisseurs (en cm) ;

c : coefficient égal à 0.02 ;

t : Fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

k_c : Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur les chaussées.

Tableau 2.4: Performances mécaniques de la Grave Bitume (GB) [11]

Matériau (MTB)	E(20°,10Hz) (MPa)	E(10°,10Hz) (MPa)	$\varepsilon_6(10^\circ,25\text{Hz})$ (10^{-6})	$\frac{-1}{b}$	SN	Sh (cm)	v	kc
GB	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Pour les matériaux bitumineux de type GB, les différents facteurs cités précédemment sont calculés ci-dessous. Les différents paramètres relatifs aux performances mécaniques de la Grave Bitume sont rappelés dans le Tableau 2.4.

$$\varepsilon_6 (10^\circ, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6} ;$$

$$\frac{-1}{b} = 6.84 \text{ d'où : } b = \frac{-1}{6.84} ;$$

$$k_{ne} = \left(\frac{10^6}{TECi}\right)^{-b} = \left(\frac{10^6}{6.08 \times 10^6}\right)^{-\left(\frac{-1}{6.84}\right)} = 0.768 ;$$

$$k\Theta = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}\text{C})}{E(\theta_{\text{éq}})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.336 ;$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \cdot Sh\right)^2} = \delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{\left(\frac{-1}{6.84}\right)} \times 3\right)^2} = 0.609 ;$$

Pour un risque de 10%, $t = -1.282$;

$$k_r = 10^{-tb\delta} = 10^{-(-1.282)\left(\frac{-1}{6.84}\right)(0.609)} = 0.769 ;$$

$k_c = 1.3$;

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.768 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3 ;$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 102.57 \times 10^{-6}.$$

2.2.6.2 Résultat du calcul de la structure avec le logiciel ALIZE

STRUCTURE GB/GNT							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0 collé	0,350	0,000	62,3	0,469	-0,1	0,658
			0,060	30,9	0,358	53,7	0,601
0,200	7000,0 collé	0,350	0,060	30,9	0,609	13,5	0,601
			0,260	-101,4	-0,961	93,3	0,032
0,300	125,0 collé	0,250	0,260	-101,4	-0,005	271,8	0,032
			0,560	-108,1	-0,012	176,8	0,016
infini	50,0	0,250	0,560	-108,1	-0,002	339,5	0,016

Figure 2-4: Résultats du calcul avec ALIZE pour la structure GB/GNT

Pour la structure GB/GNT, on constate que les déformations de traction sont de 108.10×10^{-6} ce qui est supérieur à la déformation de traction admissible $\varepsilon_{t,adm} = 102.57 \times 10^{-6}$.

STRUCTURE GB/GB							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0 collé	0,350	0,000	58,1	0,434	6,9	0,658
			0,060	30,4	0,347	56,0	0,606
0,110	7000,0 collé	0,350	0,060	30,4	0,589	15,5	0,606
			0,170	-20,7	-0,098	40,6	0,235
0,120	7000,0 collé	0,350	0,170	-20,7	-0,098	40,6	0,235
			0,290	-94,9	-0,922	86,9	0,019
infini	50,0	0,250	0,290	-94,9	0,001	376,4	0,019

Figure 2-5: Résultats du calcul avec ALIZE pour la structure GB/GB

Pour la structure GB/GB, on constate que les déformations de traction sont de **94.90×10^{-6}** , ce qui est inférieure à la déformation de traction admissible **$\epsilon_{t,adm} = 102.57 \times 10^{-6}$** .

Au niveau du sol support, la déformation est de **376.40×10^{-6}** qui est largement inférieure à la déformation admissible au niveau du sol support **$\epsilon_{z,adm} = 560.02 \times 10^{-6}$** .

On choisit d'adopter la deuxième structure, qui est la structure GB/GB pour l'infrastructure projetée.

CHAPITRE 4

*ANALYSE DU RENDU POUR L'EVALUATION
DE L'INFRASTRUCTURE ET SES
AMENAGEMENTS*

1. VERIFICATION DE LA VISIBILITE.....72

1. Vérification de la visibilité

1.1 Introduction

Nous avons réalisé une vidéo du parcours virtuel de l'infrastructure. Nous analysons cette vidéo pour repérer des zones présentant des erreurs et des incohérences qui peuvent être sources d'insécurité routière.

La visibilité est une notion très importante pour la sécurité routière. Nous nous proposons de montrer dans ce chapitre que l'approche tridimensionnelle permet de vérifier la visibilité sur tout l'itinéraire de la route projetée et ainsi cerner les différentes pertes de tracé et les problèmes d'aménagement.

On rappelle dans ce chapitre les conditions générales de visibilité, ainsi que les paramètres qui interviennent dans la vérification. On vérifie ensuite la visibilité le long de la route projetée et on illustre les pertes de tracé ainsi que les déplacements d'UPI rencontrés.

1.2 Conditions générales de visibilité

1.2.1 Hauteur de l'œil :

La hauteur de l'œil h_0 est la hauteur de l'œil du conducteur au-dessus de la chaussée. Elle définit l'origine du rayon visuel dans le plan vertical. C'est à partir de cette hauteur que sont évaluées les distances de visibilité d'arrêt et de dépassement, qui influent de façon déterminante sur les conditions de sécurité et sur le niveau de service.

La valeur de h_0 adoptée en Algérie est :

$$h_0 = 1,10 \text{ m.}$$

1.2.2 Largeur et profondeur du champ visuel :

La largeur angulaire et la profondeur du champ visuel sont prises en compte dans l'étude des projets pour assurer au conducteur une perception suffisante du tracé général et du trafic.

La largeur angulaire du champ de vision mesure la portion d'espace visible par le conducteur sans mouvement de la tête. Cette largeur dépend de la vitesse et elle se rétrécit lorsque la vitesse croît.

La profondeur du champ visuel mesure la distance sur laquelle le conducteur peut percevoir le tracé général de la route et l'écoulement du trafic. Elle est surtout conditionnée par le pouvoir de résolution de l'œil.

Faute de valeurs suffisamment sûres, il est recommandé d'utiliser, en première approximation, les indications données au chapitre « Coordination plan – profil en long » et de lancer des sections de recherche appliquée dans ce domaine.

1.2.3 Position de l'œil et des obstacles :

Les positions de l'œil et des obstacles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel en tracé en plan. Elles sont repérées par rapport à des lignes idéales appropriées (axe de la chaussée, axe de la voie élémentaire, bord géométrique de la chaussée). Elles sont liées aux caractéristiques géométriques du véhicule et de la route, ainsi qu'au comportement des conducteurs.

Pour la visibilité longitudinale comme pour la visibilité latérale sur *obstacle éventuel ou sur véhicule*, il est proposé de placer l'œil et l'objet à 2,00 m du bord droit de la voie élémentaire sur laquelle circule le véhicule (position du volant à gauche et circulation du véhicule dans l'axe de la voie élémentaire).

1.2.4 Temps de perception-réaction :

Le temps de perception-réaction est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage, lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement ou un arrêt. Sa durée est conditionnée par les caractéristiques du conducteur et du véhicule.

Il est composé :

- Du temps physiologique de perception-réaction du conducteur pour apercevoir-regarder-comprendre-agir.
- Du temps d'inertie des organes mécaniques du véhicule : course de la pédale de freins et demi-temps de mise en pression du dispositif de freinage.

Les valeurs proposées pour les normes algériennes :

$T = 1,3 + 0,5 \text{ s}$ pour V supérieure à 60 km/h (attention concentrée)

On suppose qu'un conducteur roule à une vitesse de 100 km/h. Etant donné que le temps de perception-réaction est de 1.8 s, le conducteur devra voir l'obstacle à une distance de 160 m.

1.3 Vérification de la visibilité

Pour les vérifications de la visibilité le long de l'itinéraire, on considère l'œil du conducteur positionné à 1.1 m de hauteur, à une distance de 2 m du bord droit de la chaussée, comme mentionné précédemment.

La visualisation tridimensionnelle nous a permis de parcourir virtuellement l'infrastructure projetée, comme le ferait un automobiliste derrière son volant, et voir les informations visuelles qui parviennent à celui-ci.

Le rendu final est sous forme de séquences vidéo (voir CD joint au mémoire). Dans ce qui suit, nous présentons quelques captures des différentes informations visuelles qui s'offrent au conducteur de la route.

1.3.1 Les pertes de tracé

Le parcours virtuel de l'infrastructure a permis de repérer des pertes de tracé depuis les PK 0+160, PK 4+390 et PK 7+300. Nous illustrons dans les figures qui suivent ces différentes pertes de tracé.

La Figure 1-1 présente la première perte de tracé rencontrée. A 120 m de loin, l'allure de la route n'est plus perceptible. Cependant, l'allure descendante des lampadaires laisse croire que c'est une pente. Nous pouvons voir que c'est effectivement le cas, grâce au parcours tridimensionnel (voir CD joint au mémoire).



Figure 1-1: Perte de tracé 1 (PK 0+160)

Les Figures 1-2 et 1-3 représentent d'autres pertes de tracé. L'allure descendante des lampadaires laisse croire que ce sont des pentes, cependant, la visualisation a montré qu'il s'agissait de courbes.



Figure 1-2: Perte de tracé 2 (PK 4+390)



Figure 1-3: Perte de tracé 3 (PK 7+300)

1.3.2 La visibilité la nuit

Dans la partie Eclairage du Chapitre 3, on a choisi des lampadaires de 400 W de 12 m de hauteur, espacés de 20 m sur toute la longueur de l'infrastructure projetée. La visualisation tridimensionnelle grâce au logiciel *Autodesk 3ds Max* nous a permis d'évaluer ce choix et vérifier que les dispositifs choisis sont suffisants pour offrir une visibilité satisfaisante aux usagers pour la conduite nocturne. La Figure 1-4 représente la vue qu'on a du couloir la nuit.



Figure 1-4: Visibilité sur le couloir de la route

La Figure 1-5 montre que l'éclairage routier combiné à la lumière des phares offre une visibilité satisfaisante sur une longueur de plus de 150 m.



Figure 1-5: Visibilité dans un véhicule

Les pertes de tracé illustrées précédemment dans les Figures 1-1, 1-2 et 1-3 ont été également visualisées la nuit. Elles sont illustrées dans les Figures 1-6, 1-7 et 1-8.

La Figure 1-6 illustre la première perte de tracé. Comme de jour, nous n'arrivons pas à distinguer la suite de l'itinéraire. Cependant, l'allure descendante des lampadaires reste assez visible pour guider l'automobiliste.



Figure 1-6: Perte de tracé 1, vue de nuit (PK 0+160)

Pour les pertes de tracé 2 et 3 illustrées sur les Figures 1-7 et 1-8, l'allure des lampadaires n'est plus très visible.



Figure 1-7: Perte de tracé 2, vue de nuit (PK 4+390)



Figure 1-8 : Perte de tracé 3, vue de nuit (PK 7+300)

1.3.3 La visibilité de la signalisation

La Figure 1-9 illustre le panneau de signalisation indiquant la première rampe dangereuse du tracé. De plus, on peut voir plus loin à l'horizon que le tracé prend une allure ascendante. Le conducteur est donc avisé de la nature de la rampe qu'il doit surmonter.



Figure 1-9: Visibilité de la signalisation (PK 0+900)

La Figure 1-2 montre que le panneau de signalisation indiquant aux véhicules lourds d'emprunter la voie de droite est visible à environ 200 m de loin.



Figure 1-10: Visibilité de la signalisation (PK 1+150)

La Figure 1-3 illustre la vue qu'a le conducteur d'un véhicule lourd du couloir devant lui. A ce niveau-là, nous sommes à la fin de la voie supplémentaire pour poids lourds. On peut clairement voir que le conducteur du véhicule arrive à voir le panneau de signalisation qui lui indique de se rabattre.



Figure 1-11: Visibilité de la signalisation (PK 2+500)

La Figure 1-12 illustre le panneau de signalisation indiquant une pente dangereuse du tracé. Bien que l'allure du tracé ne soit pas perceptible, le conducteur est avisé qu'il y a une pente importante.



Figure 1-12: Visibilité de la signalisation (PK 3+800)

1.4 Recommandations pour l'amélioration de la visibilité

Les incohérences mentionnées précédemment devraient être modifiées en vue d'offrir aux usagers de la route une meilleure visibilité et ainsi diminuer les problèmes d'insécurité routière.

Les corrections qui pourraient être apportées seront au niveau de la géométrie de la route, qu'on pourrait modifier afin d'avoir une meilleure coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Dans le cas où il est impossible d'agir sur la géométrie, une signalisation adéquate pourrait être envisagée pour indiquer l'existence des pentes et des virages que le conducteur ne peut pas percevoir.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans ce mémoire, nous avons eu pour objectif de mettre en avant l'apport que pourrait avoir une approche tridimensionnelle pour la réduction de l'insécurité routière. Pour ce faire, nous avons dimensionné une infrastructure routière, qui a ensuite été parcourue virtuellement grâce à un logiciel de modélisation et d'animation tridimensionnelles, de façon à voir ce que verrait un automobiliste derrière son volant. Nous avons ainsi pu détecter les incohérences et les problèmes qui pourraient être la source d'accidents et augmenteraient ainsi le risque d'insécurité routière.

A partir de ce travail, nous avons pu localiser certains points sur l'infrastructure projetée qui présentent des pertes de tracé. Ces dernières sont pour le conducteur des trompe-l'œil et pourraient induire celui-ci en erreur et résulter en des fatalités irréversibles. Nous avons aussi pu évaluer l'éclairage et nous assurer que les dispositifs choisis offrent un éclairage adéquat.

L'approche tridimensionnelle nous aura donc permis, à des phases très avancées de la vie de l'infrastructure, de remédier à certaines erreurs qui auraient pu être fatales aux usagers de la route.

Pour conclure, nous estimons que les logiciels de modélisation tridimensionnelle sont à adopter pour la conception des infrastructures routières car ils permettent une analyse plus approfondie des différents aspects du projet.

Perspectives

Le travail présenté dans ce mémoire est loin d'être achevé, comme perspectives de continuité, nous proposons :

- La correction des erreurs, incohérences et problèmes détectés ;
- L'évaluation du réseau d'assainissement ;
- L'évaluation de la visibilité aux carrefours ;
- L'évaluation des risques d'éblouissement chez les automobilistes, que ce soit par le soleil ou par les phares d'un autre véhicule, la nuit ;
- L'intégration des logiciels de modélisation tridimensionnelle dans l'enseignement.

Annexe 1

Les logiciels utilisés pour la modélisation 3D

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé grâce aux logiciels fournis par Autodesk, qui sont Civil 3D et 3ds Max.

Autodesk Civil 3D : C'est un logiciel de conception d'infrastructures civiles. L'approche qu'il offre est améliorée du fait qu'il donne la possibilité d'effectuer les tâches en un temps moindre.

Autodesk 3ds Max : C'est un logiciel de modélisation et d'animation 3D. Il permet de créer des environnements réalistes et de les animer. Ce logiciel n'est pas spécialement destiné pour les travaux du domaine du Génie Civil. Toutefois, grâce à sa fonction « *Civil View* », il permet d'importer les travaux conçus par le logiciel *Civil 3D* et ainsi visualiser le rendu final et parcourir virtuellement l'infrastructure.

Il existe sur le marché d'autres logiciels pour la modélisation tridimensionnelle des infrastructures routières.

Autodesk Infraworks : C'est un autre logiciel de modélisation 3D, qui suit le même principe de fonctionnement que *3ds Max*. Il utilise les données importées d'une conception avec *Civil 3D* pour établir une version du projet dans un environnement virtuel qui présente les mêmes caractéristiques que l'environnement réel.

Il est à noter que ces logiciels nécessitent un processeur puissant pour fonctionner au meilleur de leur capacité, notamment

Listing Profil en Long

Vertical Alignment: Profil_en_long_CW07bis

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 10+000.00

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+001.84	Elevation:	45.157m
PVI Station:	0+036.72	Elevation:	44.853m
PVT Station:	0+071.61	Elevation:	45.591m
Low Point:	0+022.20	Elevation:	45.068m
Grade in:	-0.87%	Grade out:	2.12%
Change:	2.99%	K:	23.354m
Curve Length:	69.769m	Curve Radius	2,335.433m
Headlight Distance:	244.956m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+072.57	Elevation:	45.611m
PVI Station:	0+090.95	Elevation:	46.000m
PVT Station:	0+109.33	Elevation:	46.998m
Low Point:	0+072.57	Elevation:	45.611m
Grade in:	2.12%	Grade out:	5.43%
Change:	3.32%	K:	11.082m
Curve Length:	36.755m	Curve Radius	1,108.234m
Headlight Distance:	166.099m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+111.02	Elevation:	47.090m
PVI Station:	0+143.16	Elevation:	48.836m
PVT Station:	0+175.30	Elevation:	50.423m
High Point:	0+175.30	Elevation:	50.423m
Grade in:	5.43%	Grade out:	4.94%
Change:	0.50%	K:	129.766m
Curve Length:	64.284m	Curve Radius	12,976.587m
Passing Distance:	3,153.663m	Stopping Distance:	1,373.668m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+175.39	Elevation:	50.427m
PVI Station:	0+177.05	Elevation:	50.509m
PVT Station:	0+178.70	Elevation:	50.589m
High Point:	0+178.70	Elevation:	50.589m
Grade in:	4.94%	Grade out:	4.85%
Change:	0.08%	K:	39.936m
Curve Length:	3.311m	Curve Radius	3,993.629m
Passing Distance:	18,655.511m	Stopping Distance:	8,018.462m
Vertical Curve Information:(sag curve)			

PVC Station:	0+180.65	Elevation:	50.684m
PVI Station:	0+217.66	Elevation:	52.480m
PVT Station:	0+254.67	Elevation:	54.332m
Low Point:	0+180.65	Elevation:	50.684m
Grade in:	4.85%	Grade out:	5.00%
Change:	0.15%	K:	493.669m
Curve Length:	74.023m	Curve Radius	49,366.935m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+255.69	Elevation:	54.383m
PVI Station:	0+275.00	Elevation:	55.349m
PVT Station:	0+294.31	Elevation:	55.093m
High Point:	0+286.20	Elevation:	55.147m
Grade in:	5.00%	Grade out:	-1.33%
Change:	6.33%	K:	6.097m
Curve Length:	38.622m	Curve Radius	609.732m
Passing Distance:	263.440m	Stopping Distance:	124.229m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+316.95	Elevation:	54.791m
PVI Station:	0+350.80	Elevation:	54.341m
PVT Station:	0+384.66	Elevation:	53.652m
High Point:	0+316.95	Elevation:	54.791m
Grade in:	-1.33%	Grade out:	-2.04%
Change:	0.71%	K:	95.965m
Curve Length:	67.709m	Curve Radius	9,596.457m
Passing Distance:	2,225.539m	Stopping Distance:	975.768m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+384.75	Elevation:	53.650m
PVI Station:	0+386.44	Elevation:	53.615m
PVT Station:	0+388.13	Elevation:	53.569m
High Point:	0+384.75	Elevation:	53.650m
Grade in:	-2.04%	Grade out:	-2.74%
Change:	0.70%	K:	4.828m
Curve Length:	3.385m	Curve Radius	482.837m
Passing Distance:	2,207.146m	Stopping Distance:	949.523m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+389.53	Elevation:	53.531m
PVI Station:	0+416.12	Elevation:	52.803m
PVT Station:	0+442.70	Elevation:	51.814m
High Point:	0+389.53	Elevation:	53.531m
Grade in:	-2.74%	Grade out:	-3.72%
Change:	0.98%	K:	54.121m
Curve Length:	53.171m	Curve Radius	5,412.111m
Passing Distance:	1,600.566m	Stopping Distance:	703.030m

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+443.17	Elevation:	51.797m
PVI Station:	0+450.10	Elevation:	51.539m
PVT Station:	0+457.03	Elevation:	51.381m
Low Point:	0+457.03	Elevation:	51.381m
Grade in:	-3.72%	Grade out:	-2.28%
Change:	1.44%	K:	9.620m
Curve Length:	13.865m	Curve Radius	962.023m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+458.38	Elevation:	51.350m
PVI Station:	0+485.95	Elevation:	50.722m
PVT Station:	0+513.53	Elevation:	51.919m
Low Point:	0+477.36	Elevation:	51.134m
Grade in:	-2.28%	Grade out:	4.34%
Change:	6.62%	K:	8.330m
Curve Length:	55.143m	Curve Radius	833.047m
Headlight Distance: 78.481m			

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+514.19	Elevation:	51.948m
PVI Station:	0+526.75	Elevation:	52.493m
PVT Station:	0+539.30	Elevation:	52.820m
High Point:	0+539.30	Elevation:	52.820m
Grade in:	4.34%	Grade out:	2.61%
Change:	1.73%	K:	14.494m
Curve Length:	25.117m	Curve Radius	1,449.360m
Passing Distance:	904.875m	Stopping Distance:	396.047m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+540.61	Elevation:	52.854m
PVI Station:	0+565.38	Elevation:	53.500m
PVT Station:	0+590.14	Elevation:	53.395m
High Point:	0+583.20	Elevation:	53.410m
Grade in:	2.61%	Grade out:	-0.42%
Change:	3.03%	K:	16.332m
Curve Length:	49.536m	Curve Radius	1,633.228m
Passing Distance:	534.615m	Stopping Distance:	243.883m

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+636.10	Elevation:	53.200m
PVI Station:	0+683.11	Elevation:	53.000m
PVT Station:	0+730.13	Elevation:	52.815m
Low Point:	0+730.13	Elevation:	52.815m
Grade in:	-0.42%	Grade out:	-0.39%
Change:	0.03%	K:	2,939.924m
Curve Length:	94.025m	Curve Radius	293,992.433m

Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+730.25	Elevation:	52.815m
PVI Station:	0+732.60	Elevation:	52.806m
PVT Station:	0+734.95	Elevation:	52.874m
Low Point:	0+730.81	Elevation:	52.814m
Grade in:	-0.39%	Grade out:	2.90%
Change:	3.29%	K:	1.427m
Curve Length:	4.701m	Curve Radius	142.717m
Headlight Distance:	134.148m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+736.86	Elevation:	52.929m
PVI Station:	0+773.15	Elevation:	53.982m
PVT Station:	0+809.44	Elevation:	55.955m
Low Point:	0+736.86	Elevation:	52.929m
Grade in:	2.90%	Grade out:	5.44%
Change:	2.54%	K:	28.605m
Curve Length:	72.576m	Curve Radius	2,860.529m
Headlight Distance:	368.942m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+811.41	Elevation:	56.063m
PVI Station:	0+848.97	Elevation:	58.105m
PVT Station:	0+886.53	Elevation:	59.042m
High Point:	0+886.53	Elevation:	59.042m
Grade in:	5.44%	Grade out:	2.49%
Change:	2.94%	K:	25.517m
Curve Length:	75.117m	Curve Radius	2,551.739m
Passing Distance:	562.861m	Stopping Distance:	263.316m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+889.12	Elevation:	59.107m
PVI Station:	0+938.29	Elevation:	60.333m
PVT Station:	0+987.47	Elevation:	62.583m
Low Point:	0+889.12	Elevation:	59.107m
Grade in:	2.49%	Grade out:	4.57%
Change:	2.08%	K:	47.295m
Curve Length:	98.348m	Curve Radius	4,729.459m
Headlight Distance:	905.029m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+991.15	Elevation:	62.751m
PVI Station:	1+061.04	Elevation:	65.948m
PVT Station:	1+130.93	Elevation:	69.940m
Low Point:	0+991.15	Elevation:	62.751m
Grade in:	4.57%	Grade out:	5.71%
Change:	1.14%	K:	122.844m

Curve Length:	139.782m	Curve Radius	12,284.448m
Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+170.00	Elevation:	72.172m
PVI Station:	1+245.00	Elevation:	76.456m
PVT Station:	1+320.00	Elevation:	79.868m
High Point:	1+320.00	Elevation:	79.868m
Grade in:	5.71%	Grade out:	4.55%
Change:	1.16%	K:	129.054m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	12,905.396m
Passing Distance:	1,405.428m	Stopping Distance:	646.774m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	1+427.32	Elevation:	84.750m
PVI Station:	1+502.32	Elevation:	88.163m
PVT Station:	1+577.32	Elevation:	93.286m
Low Point:	1+427.32	Elevation:	84.750m
Grade in:	4.55%	Grade out:	6.83%
Change:	2.28%	K:	65.751m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	6,575.054m
Headlight Distance:	692.555m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+624.55	Elevation:	96.512m
PVI Station:	1+699.55	Elevation:	101.635m
PVT Station:	1+774.55	Elevation:	106.620m
High Point:	1+774.55	Elevation:	106.620m
Grade in:	6.83%	Grade out:	6.65%
Change:	0.18%	K:	810.827m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	81,082.734m
Passing Distance:	8,433.886m	Stopping Distance:	3,667.371m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+781.48	Elevation:	107.080m
PVI Station:	1+831.68	Elevation:	110.416m
PVT Station:	1+881.87	Elevation:	113.475m
High Point:	1+881.87	Elevation:	113.475m
Grade in:	6.65%	Grade out:	6.09%
Change:	0.55%	K:	182.148m
Curve Length:	100.391m	Curve Radius	18,214.790m
Passing Distance:	2,855.887m	Stopping Distance:	1,255.988m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	1+885.00	Elevation:	113.666m
PVI Station:	1+960.00	Elevation:	118.237m
PVT Station:	2+035.00	Elevation:	123.305m
Low Point:	1+885.00	Elevation:	113.666m
Grade in:	6.09%	Grade out:	6.76%

Change:	0.66%	K:	226.492m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	22,649.221m
Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	2+050.28	Elevation:	124.337m
PVI Station:	2+125.28	Elevation:	129.405m
PVT Station:	2+200.28	Elevation:	132.960m
High Point:	2+200.28	Elevation:	132.960m
Grade in:	6.76%	Grade out:	4.74%
Change:	2.02%	K:	74.344m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	7,434.446m
Passing Distance:	841.423m	Stopping Distance:	404.383m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	2+201.27	Elevation:	133.006m
PVI Station:	2+220.00	Elevation:	133.894m
PVT Station:	2+238.73	Elevation:	134.742m
High Point:	2+238.73	Elevation:	134.742m
Grade in:	4.74%	Grade out:	4.52%
Change:	0.21%	K:	174.486m
Curve Length:	37.469m	Curve Radius	17,448.608m
Passing Distance:	7,219.900m	Stopping Distance:	3,113.556m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+241.30	Elevation:	134.858m
PVI Station:	2+290.00	Elevation:	137.062m
PVT Station:	2+338.70	Elevation:	140.060m
Low Point:	2+241.30	Elevation:	134.858m
Grade in:	4.52%	Grade out:	6.16%
Change:	1.63%	K:	59.705m
Curve Length:	97.405m	Curve Radius	5,970.496m
Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+391.71	Elevation:	143.323m
PVI Station:	2+443.96	Elevation:	146.540m
PVT Station:	2+496.21	Elevation:	149.771m
Low Point:	2+391.71	Elevation:	143.323m
Grade in:	6.16%	Grade out:	6.18%
Change:	0.03%	K:	3,676.700m
Curve Length:	104.500m	Curve Radius	367,670.017m
Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+498.84	Elevation:	149.934m
PVI Station:	2+501.46	Elevation:	150.095m
PVT Station:	2+504.07	Elevation:	150.271m
Low Point:	2+498.84	Elevation:	149.934m

Grade in:	6.18%	Grade out:	6.73%
Change:	0.54%	K:	9.624m
Curve Length:	5.225m	Curve Radius	962.408m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	2+533.00	Elevation:	152.217m
PVI Station:	2+555.90	Elevation:	153.758m
PVT Station:	2+578.79	Elevation:	154.331m
High Point:	2+578.79	Elevation:	154.331m
Grade in:	6.73%	Grade out:	2.50%
Change:	4.22%	K:	10.845m
Curve Length:	45.799m	Curve Radius	1,084.485m
Passing Distance:	389.066m	Stopping Distance:	180.266m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	2+578.86	Elevation:	154.333m
PVI Station:	2+580.00	Elevation:	154.361m
PVT Station:	2+581.14	Elevation:	154.389m
High Point:	2+581.14	Elevation:	154.389m
Grade in:	2.50%	Grade out:	2.37%
Change:	0.13%	K:	17.661m
Curve Length:	2.290m	Curve Radius	1,766.096m
Passing Distance:	11,927.265m	Stopping Distance:	5,126.594m

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+649.58	Elevation:	156.014m
PVI Station:	2+724.58	Elevation:	157.795m
PVT Station:	2+799.58	Elevation:	159.823m
Low Point:	2+649.58	Elevation:	156.014m
Grade in:	2.37%	Grade out:	2.70%
Change:	0.33%	K:	454.269m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	45,426.869m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	2+821.66	Elevation:	160.421m
PVI Station:	2+896.66	Elevation:	162.449m
PVT Station:	2+971.66	Elevation:	161.425m
High Point:	2+921.33	Elevation:	161.769m
Grade in:	2.70%	Grade out:	-1.37%
Change:	4.07%	K:	36.846m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	3,684.608m
Passing Distance:	454.849m	Stopping Distance:	238.247m

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	3+000.95	Elevation:	161.025m
PVI Station:	3+075.95	Elevation:	160.000m
PVT Station:	3+150.95	Elevation:	159.766m

Low Point:	3+150.95	Elevation:	159.766m
Grade in:	-1.37%	Grade out:	-0.31%
Change:	1.05%	K:	142.346m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	14,234.645m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	3+152.15	Elevation:	159.762m
PVI Station:	3+175.00	Elevation:	159.691m
PVT Station:	3+197.85	Elevation:	159.892m
Low Point:	3+164.12	Elevation:	159.743m
Grade in:	-0.31%	Grade out:	0.88%
Change:	1.19%	K:	38.308m
Curve Length:	45.691m	Curve Radius	3,830.814m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+269.44	Elevation:	160.522m
PVI Station:	3+335.48	Elevation:	161.103m
PVT Station:	3+401.52	Elevation:	161.638m
High Point:	3+401.52	Elevation:	161.638m
Grade in:	0.88%	Grade out:	0.81%
Change:	0.07%	K:	1,881.561m
Curve Length:	132.085m	Curve Radius	188,156.124m
Passing Distance:	22,094.176m	Stopping Distance:	9,533.001m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+401.70	Elevation:	161.640m
PVI Station:	3+405.00	Elevation:	161.667m
PVT Station:	3+408.30	Elevation:	161.604m
High Point:	3+403.69	Elevation:	161.648m
Grade in:	0.81%	Grade out:	-1.88%
Change:	2.69%	K:	2.453m
Curve Length:	6.604m	Curve Radius	245.294m
Passing Distance:	577.652m	Stopping Distance:	250.139m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	3+460.03	Elevation:	160.631m
PVI Station:	3+535.03	Elevation:	159.219m
PVT Station:	3+610.03	Elevation:	158.823m
Low Point:	3+610.03	Elevation:	158.823m
Grade in:	-1.88%	Grade out:	-0.53%
Change:	1.35%	K:	110.754m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	11,075.423m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+820.79	Elevation:	157.711m
PVI Station:	3+888.01	Elevation:	157.356m

PVT Station:	3+955.24	Elevation:	156.726m
High Point:	3+820.79	Elevation:	157.711m
Grade in:	-0.53%	Grade out:	-0.94%
Change:	0.41%	K:	328.471m
Curve Length:	134.446m	Curve Radius	32,847.068m
Passing Distance:	3,845.211m	Stopping Distance:	1,690.876m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+958.45	Elevation:	156.696m
PVI Station:	3+961.81	Elevation:	156.664m
PVT Station:	3+965.17	Elevation:	156.542m
High Point:	3+958.45	Elevation:	156.696m
Grade in:	-0.94%	Grade out:	-3.64%
Change:	2.70%	K:	2.491m
Curve Length:	6.722m	Curve Radius	249.140m
Passing Distance:	576.470m	Stopping Distance:	249.664m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+965.53	Elevation:	156.529m
PVI Station:	4+030.00	Elevation:	154.185m
PVT Station:	4+094.47	Elevation:	150.249m
High Point:	3+965.53	Elevation:	156.529m
Grade in:	-3.64%	Grade out:	-6.11%
Change:	2.47%	K:	52.184m
Curve Length:	128.944m	Curve Radius	5,218.427m
Passing Distance:	690.290m	Stopping Distance:	333.428m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	4+112.38	Elevation:	149.155m
PVI Station:	4+171.09	Elevation:	145.570m
PVT Station:	4+229.81	Elevation:	141.969m
High Point:	4+112.38	Elevation:	149.155m
Grade in:	-6.11%	Grade out:	-6.13%
Change:	0.03%	K:	4,343.995m
Curve Length:	117.428m	Curve Radius	434,399.517m
Passing Distance:	57,262.977m	Stopping Distance:	24,643.203m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	4+231.54	Elevation:	141.862m
PVI Station:	4+234.48	Elevation:	141.682m
PVT Station:	4+237.42	Elevation:	141.529m
Low Point:	4+237.42	Elevation:	141.529m
Grade in:	-6.13%	Grade out:	-5.22%
Change:	0.91%	K:	6.425m
Curve Length:	5.871m	Curve Radius	642.499m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	4+248.46	Elevation:	140.952m
--------------	----------	------------	----------

PVI Station:	4+267.37	Elevation:	139.965m
PVT Station:	4+286.28	Elevation:	139.012m
Low Point:	4+286.28	Elevation:	139.012m
Grade in:	-5.22%	Grade out:	-5.04%
Change:	0.17%	K:	216.480m
Curve Length:	37.816m	Curve Radius	21,647.973m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	4+286.67	Elevation:	138.992m
PVI Station:	4+309.03	Elevation:	137.864m
PVT Station:	4+331.39	Elevation:	137.293m
Low Point:	4+331.39	Elevation:	137.293m
Grade in:	-5.04%	Grade out:	-2.55%
Change:	2.49%	K:	17.934m
Curve Length:	44.728m	Curve Radius	1,793.402m
Headlight Distance:	341.700m		

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	4+365.00	Elevation:	136.436m
PVI Station:	4+440.00	Elevation:	134.523m
PVT Station:	4+515.00	Elevation:	138.232m
Low Point:	4+416.04	Elevation:	135.785m
Grade in:	-2.55%	Grade out:	4.95%
Change:	7.50%	K:	20.011m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	2,001.124m
Headlight Distance:	130.974m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	4+517.31	Elevation:	138.346m
PVI Station:	4+561.19	Elevation:	140.516m
PVT Station:	4+605.08	Elevation:	140.168m
High Point:	4+592.95	Elevation:	140.216m
Grade in:	4.95%	Grade out:	-0.79%
Change:	5.74%	K:	15.296m
Curve Length:	87.770m	Curve Radius	1,529.594m
Passing Distance:	313.375m	Stopping Distance:	159.703m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	4+614.09	Elevation:	140.097m
PVI Station:	4+628.26	Elevation:	139.984m
PVT Station:	4+642.44	Elevation:	139.289m
High Point:	4+614.09	Elevation:	140.097m
Grade in:	-0.79%	Grade out:	-4.90%
Change:	4.11%	K:	6.895m
Curve Length:	28.349m	Curve Radius	689.531m
Passing Distance:	390.295m	Stopping Distance:	175.818m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	4+677.23	Elevation:	137.583m
PVI Station:	4+752.23	Elevation:	133.904m
PVT Station:	4+827.23	Elevation:	137.951m
Low Point:	4+748.66	Elevation:	135.831m
Grade in:	-4.90%	Grade out:	5.39%
Change:	10.30%	K:	14.564m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	1,456.395m
Headlight Distance:	105.869m		

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	4+827.31	Elevation:	137.955m
PVI Station:	4+828.84	Elevation:	138.038m
PVT Station:	4+830.37	Elevation:	138.144m
Low Point:	4+827.31	Elevation:	137.955m
Grade in:	5.39%	Grade out:	6.97%
Change:	1.58%	K:	1.939m
Curve Length:	3.061m	Curve Radius	193.914m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	4+865.88	Elevation:	140.620m
PVI Station:	4+900.00	Elevation:	143.000m
PVT Station:	4+934.12	Elevation:	144.314m
High Point:	4+934.12	Elevation:	144.314m
Grade in:	6.97%	Grade out:	3.85%
Change:	3.12%	K:	21.854m
Curve Length:	68.245m	Curve Radius	2,185.449m
Passing Distance:	529.324m	Stopping Distance:	246.944m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	4+938.29	Elevation:	144.475m
PVI Station:	4+940.00	Elevation:	144.540m
PVT Station:	4+941.71	Elevation:	144.551m
High Point:	4+941.71	Elevation:	144.551m
Grade in:	3.85%	Grade out:	0.61%
Change:	3.24%	K:	1.054m
Curve Length:	3.412m	Curve Radius	105.387m
Passing Distance:	479.300m	Stopping Distance:	206.960m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	4+945.37	Elevation:	144.573m
PVI Station:	5+015.00	Elevation:	145.000m
PVT Station:	5+084.63	Elevation:	142.564m
High Point:	4+966.13	Elevation:	144.637m
Grade in:	0.61%	Grade out:	-3.50%
Change:	4.11%	K:	33.865m
Curve Length:	139.258m	Curve Radius	3,386.539m
Passing Distance:	445.680m	Stopping Distance:	231.243m

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+086.90	Elevation:	142.484m
PVI Station:	5+109.92	Elevation:	141.679m
PVT Station:	5+132.94	Elevation:	141.992m
Low Point:	5+120.04	Elevation:	141.904m
Grade in:	-3.50%	Grade out:	1.36%
Change:	4.86%	K:	9.473m
Curve Length:	46.040m	Curve Radius	947.256m
Headlight Distance:	100.129m		

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+134.54	Elevation:	142.014m
PVI Station:	5+185.00	Elevation:	142.701m
PVT Station:	5+235.46	Elevation:	143.982m
Low Point:	5+134.54	Elevation:	142.014m
Grade in:	1.36%	Grade out:	2.54%
Change:	1.18%	K:	85.728m
Curve Length:	100.927m	Curve Radius	8,572.766m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+236.36	Elevation:	144.004m
PVI Station:	5+253.30	Elevation:	144.434m
PVT Station:	5+270.24	Elevation:	144.937m
Low Point:	5+236.36	Elevation:	144.004m
Grade in:	2.54%	Grade out:	2.96%
Change:	0.43%	K:	79.550m
Curve Length:	33.885m	Curve Radius	7,955.013m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+277.27	Elevation:	145.145m
PVI Station:	5+352.27	Elevation:	147.368m
PVT Station:	5+427.27	Elevation:	151.917m
Low Point:	5+277.27	Elevation:	145.145m
Grade in:	2.96%	Grade out:	6.07%
Change:	3.10%	K:	48.372m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	4,837.216m
Headlight Distance:	319.135m		

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	5+430.40	Elevation:	152.107m
PVI Station:	5+490.00	Elevation:	155.722m
PVT Station:	5+549.60	Elevation:	158.523m
High Point:	5+549.60	Elevation:	158.523m
Grade in:	6.07%	Grade out:	4.70%
Change:	1.37%	K:	87.216m
Curve Length:	119.195m	Curve Radius	8,721.631m

Passing Distance:	1,191.086m	Stopping Distance:	545.874m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	5+596.13	Elevation:	160.709m
PVI Station:	5+671.13	Elevation:	164.233m
PVT Station:	5+746.13	Elevation:	165.547m
High Point:	5+746.13	Elevation:	165.547m
Grade in:	4.70%	Grade out:	1.75%
Change:	2.95%	K:	50.903m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	5,090.258m
Passing Distance:	599.759m	Stopping Distance:	300.524m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+850.00	Elevation:	167.367m
PVI Station:	5+925.00	Elevation:	168.680m
PVT Station:	6+000.00	Elevation:	170.770m
Low Point:	5+850.00	Elevation:	167.367m
Grade in:	1.75%	Grade out:	2.79%
Change:	1.03%	K:	145.088m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	14,508.807m
Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	6+206.02	Elevation:	176.509m
PVI Station:	6+281.02	Elevation:	178.598m
PVT Station:	6+356.02	Elevation:	176.113m
High Point:	6+274.53	Elevation:	177.463m
Grade in:	2.79%	Grade out:	-3.31%
Change:	6.10%	K:	24.590m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	2,459.030m
Passing Distance:	328.503m	Stopping Distance:	183.947m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	6+356.93	Elevation:	176.083m
PVI Station:	6+374.23	Elevation:	175.509m
PVT Station:	6+391.53	Elevation:	174.502m
High Point:	6+356.93	Elevation:	176.083m
Grade in:	-3.31%	Grade out:	-5.82%
Change:	2.51%	K:	13.790m
Curve Length:	34.600m	Curve Radius	1,378.962m
Passing Distance:	633.596m	Stopping Distance:	282.163m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	6+394.21	Elevation:	174.346m
PVI Station:	6+445.00	Elevation:	171.388m
PVT Station:	6+495.79	Elevation:	169.948m
Low Point:	6+495.79	Elevation:	169.948m
Grade in:	-5.82%	Grade out:	-2.84%
Change:	2.99%	K:	34.004m

Curve Length:	101.586m	Curve Radius	3,400.414m
Headlight Distance:	283.217m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	6+560.00	Elevation:	168.127m
PVI Station:	6+635.00	Elevation:	166.000m
PVT Station:	6+710.00	Elevation:	167.148m
Low Point:	6+657.43	Elevation:	166.745m
Grade in:	-2.84%	Grade out:	1.53%
Change:	4.37%	K:	34.357m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	3,435.710m
Headlight Distance:	201.283m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	6+710.75	Elevation:	167.159m
PVI Station:	6+725.00	Elevation:	167.377m
PVT Station:	6+739.25	Elevation:	167.081m
High Point:	6+722.83	Elevation:	167.251m
Grade in:	1.53%	Grade out:	-2.08%
Change:	3.61%	K:	7.897m
Curve Length:	28.500m	Curve Radius	789.701m
Passing Distance:	442.728m	Stopping Distance:	198.396m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	6+885.00	Elevation:	164.051m
PVI Station:	6+960.00	Elevation:	162.491m
PVT Station:	7+035.00	Elevation:	162.875m
Low Point:	7+005.40	Elevation:	162.799m
Grade in:	-2.08%	Grade out:	0.51%
Change:	2.59%	K:	57.915m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	5,791.511m
Headlight Distance:	466.849m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	7+037.66	Elevation:	162.888m
PVI Station:	7+088.14	Elevation:	163.146m
PVT Station:	7+138.63	Elevation:	162.614m
High Point:	7+070.60	Elevation:	162.973m
Grade in:	0.51%	Grade out:	-1.06%
Change:	1.57%	K:	64.464m
Curve Length:	100.971m	Curve Radius	6,446.389m
Passing Distance:	1,037.746m	Stopping Distance:	474.777m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	7+182.66	Elevation:	162.149m
PVI Station:	7+257.66	Elevation:	161.358m
PVT Station:	7+332.66	Elevation:	160.311m
High Point:	7+182.66	Elevation:	162.149m
Grade in:	-1.06%	Grade out:	-1.39%

Change:	0.34%	K:	441.913m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	44,191.320m
Passing Distance:	4,630.720m	Stopping Distance:	2,032.897m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	7+384.82	Elevation:	159.584m
PVI Station:	7+459.82	Elevation:	158.538m
PVT Station:	7+534.82	Elevation:	158.977m
Low Point:	7+490.46	Elevation:	158.847m
Grade in:	-1.39%	Grade out:	0.59%
Change:	1.98%	K:	75.744m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	7,574.430m
Headlight Distance:	1,484.096m		

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	7+538.43	Elevation:	158.998m
PVI Station:	7+606.96	Elevation:	159.400m
PVT Station:	7+675.49	Elevation:	160.355m
Low Point:	7+538.43	Elevation:	158.998m
Grade in:	0.59%	Grade out:	1.39%
Change:	0.81%	K:	169.505m
Curve Length:	137.063m	Curve Radius	16,950.467m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	7+780.00	Elevation:	161.812m
PVI Station:	7+855.00	Elevation:	162.858m
PVT Station:	7+930.00	Elevation:	165.643m
Low Point:	7+780.00	Elevation:	161.812m
Grade in:	1.39%	Grade out:	3.71%
Change:	2.32%	K:	64.671m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	6,467.096m
Headlight Distance:	651.577m		

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	8+038.51	Elevation:	168.752m
PVI Station:	8+070.00	Elevation:	169.653m
PVT Station:	8+101.49	Elevation:	170.932m
Low Point:	8+038.51	Elevation:	168.752m
Grade in:	2.86%	Grade out:	4.06%
Change:	1.20%	K:	52.489m
Curve Length:	62.986m	Curve Radius	5,248.876m
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	8+101.58	Elevation:	170.936m
PVI Station:	8+103.15	Elevation:	171.000m
PVT Station:	8+104.73	Elevation:	171.100m
Low Point:	8+101.58	Elevation:	170.936m

Grade in:	4.06%	Grade out:	6.38%
Change:	2.32%	K:	1.360m
Curve Length:	3.149m	Curve Radius	135.991m
Headlight Distance:	357.079m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	8+107.78	Elevation:	171.295m
PVI Station:	8+165.89	Elevation:	175.000m
PVT Station:	8+223.99	Elevation:	174.075m
High Point:	8+200.76	Elevation:	174.260m
Grade in:	6.38%	Grade out:	-1.59%
Change:	7.97%	K:	14.582m
Curve Length:	116.206m	Curve Radius	1,458.150m
Passing Distance:	252.141m	Stopping Distance:	141.494m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	8+225.54	Elevation:	174.050m
PVI Station:	8+255.00	Elevation:	173.581m
PVT Station:	8+284.46	Elevation:	172.908m
High Point:	8+225.54	Elevation:	174.050m
Grade in:	-1.59%	Grade out:	-2.28%
Change:	0.69%	K:	85.272m
Curve Length:	58.921m	Curve Radius	8,527.234m
Passing Distance:	2,267.414m	Stopping Distance:	991.258m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	8+299.24	Elevation:	172.570m
PVI Station:	8+374.24	Elevation:	170.857m
PVT Station:	8+449.24	Elevation:	172.608m
Low Point:	8+373.43	Elevation:	171.723m
Grade in:	-2.28%	Grade out:	2.33%
Change:	4.62%	K:	32.485m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	3,248.535m
Headlight Distance:	190.222m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	8+560.00	Elevation:	175.193m
PVI Station:	8+635.00	Elevation:	176.943m
PVT Station:	8+710.00	Elevation:	176.030m
High Point:	8+658.59	Elevation:	176.343m
Grade in:	2.33%	Grade out:	-1.22%
Change:	3.55%	K:	42.246m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	4,224.571m
Passing Distance:	510.514m	Stopping Distance:	262.170m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	8+713.25	Elevation:	175.991m
PVI Station:	8+775.00	Elevation:	175.239m
PVT Station:	8+836.75	Elevation:	175.673m

Low Point:	8+791.52	Elevation:	175.514m
Grade in:	-1.22%	Grade out:	0.70%
Change:	1.92%	K:	64.313m
Curve Length:	123.500m	Curve Radius	6,431.258m
Headlight Distance:	1,822.513m		

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	8+838.16	Elevation:	175.683m
PVI Station:	8+865.00	Elevation:	175.872m
PVT Station:	8+891.84	Elevation:	176.019m
High Point:	8+891.84	Elevation:	176.019m
Grade in:	0.70%	Grade out:	0.55%
Change:	0.16%	K:	341.310m
Curve Length:	53.675m	Curve Radius	34,130.972m
Passing Distance:	9,859.879m	Stopping Distance:	4,252.752m

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	8+990.00	Elevation:	176.555m
PVI Station:	9+065.00	Elevation:	176.964m
PVT Station:	9+140.00	Elevation:	173.231m
High Point:	9+004.83	Elevation:	176.595m
Grade in:	0.55%	Grade out:	-4.98%
Change:	5.52%	K:	27.155m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	2,715.496m
Passing Distance:	354.943m	Stopping Distance:	195.310m

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	9+142.87	Elevation:	173.088m
PVI Station:	9+197.33	Elevation:	170.377m
PVT Station:	9+251.79	Elevation:	169.589m
Low Point:	9+251.79	Elevation:	169.589m
Grade in:	-4.98%	Grade out:	-1.45%
Change:	3.53%	K:	30.858m
Curve Length:	108.922m	Curve Radius	3,085.779m
Headlight Distance:	219.827m		

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	9+315.57	Elevation:	168.665m
PVI Station:	9+380.00	Elevation:	167.732m
PVT Station:	9+444.43	Elevation:	168.624m
Low Point:	9+381.45	Elevation:	168.188m
Grade in:	-1.45%	Grade out:	1.38%
Change:	2.83%	K:	45.495m
Curve Length:	128.853m	Curve Radius	4,549.469m
Headlight Distance:	351.938m		

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+444.60	Elevation:	168.626m
PVI Station:	9+447.82	Elevation:	168.671m

PVT Station:	9+451.04	Elevation:	168.681m
High Point:	9+451.04	Elevation:	168.681m
Grade in:	1.38%	Grade out:	0.30%
Change:	1.08%	K:	5.946m
Curve Length:	6.443m	Curve Radius	594.638m
Passing Distance:	1,430.466m	Stopping Distance:	616.604m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+536.74	Elevation:	168.939m
PVI Station:	9+611.74	Elevation:	169.164m
PVT Station:	9+686.74	Elevation:	167.577m
High Point:	9+555.42	Elevation:	168.967m
Grade in:	0.30%	Grade out:	-2.12%
Change:	2.42%	K:	62.069m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	6,206.892m
Passing Distance:	714.874m	Stopping Distance:	349.996m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	9+688.95	Elevation:	167.531m
PVI Station:	9+725.00	Elevation:	166.768m
PVT Station:	9+761.05	Elevation:	166.538m
Low Point:	9+761.05	Elevation:	166.538m
Grade in:	-2.12%	Grade out:	-0.64%
Change:	1.48%	K:	48.822m
Curve Length:	72.105m	Curve Radius	4,882.183m
Headlight Distance:			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+773.67	Elevation:	166.457m
PVI Station:	9+848.67	Elevation:	165.978m
PVT Station:	9+923.67	Elevation:	165.156m
High Point:	9+773.67	Elevation:	166.457m
Grade in:	-0.64%	Grade out:	-1.10%
Change:	0.46%	K:	328.759m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	32,875.907m
Passing Distance:	3,464.204m	Stopping Distance:	1,531.567m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+923.90	Elevation:	165.154m
PVI Station:	9+928.18	Elevation:	165.107m
PVT Station:	9+932.46	Elevation:	164.932m
High Point:	9+923.90	Elevation:	165.154m
Grade in:	-1.10%	Grade out:	-4.10%
Change:	3.00%	K:	2.852m
Curve Length:	8.562m	Curve Radius	285.250m
Passing Distance:	519.493m	Stopping Distance:	225.702m

Vertical Alignment: Roundabout 1 Inscribed Circle Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+178.86, End: 0+358.23

Vertical Alignment: Roundabout 1 Island Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+028.27

Vertical Alignment: Roundabout 1 Secondary Circulatory Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+034.56

Vertical Alignment: Roundabout 2 Apron Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+034.56

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+216.24

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+216.24

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+216.24

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+216.24

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.75

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 2 - CW49A Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+228.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 2 - CW49A Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+228.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 2 - CW49A Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+228.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 2 - CW49A Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+228.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 2 - CW49A Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+208.52

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 3 - CW49A Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+218.55

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 3 - CW49A Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+218.55

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 3 - CW49A Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+218.55

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 3 - CW49A Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+218.55

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 3 - CW49A Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+193.14

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 4 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+203.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 4 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+203.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 4 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+203.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 4 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+203.86

Vertical Alignment: Roundabout 2 Arm 4 - Axe_en_Plan_CW07bis Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+170.92

Vertical Alignment: Roundabout 2 Circulatory Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+034.56

Vertical Alignment: Roundabout 2 Inscribed Circle Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+178.86, End: 0+358.23

Vertical Alignment: Roundabout 2 Island Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+028.27

Vertical Alignment: Roundabout 2 Secondary Circulatory Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+034.56

Vertical Alignment: Roundabout 3 Apron Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+034.56

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.22

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.22

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.22

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.22

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 1 - Axe_en_Plan_CW07bis Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+161.36

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 2 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.33

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 2 - Axe_en_Plan_CW07bis Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.33

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 2 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.33

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 2 - Axe_en_Plan_CW07bis Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+199.33

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 2 - Axe_en_Plan_CW07bis Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+154.69

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 3 - CW02 Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+232.93

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 3 - CW02 Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+232.93

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 3 - CW02 Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+232.93

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 3 - CW02 Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+232.93

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 3 - CW02 Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+210.08

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 4 - CW02 Alignment Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+231.88

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 4 - CW02 Alignment Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+231.88

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 4 - CW02 Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+231.88

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 4 - CW02 Crown Fixed Levels

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+231.88

Vertical Alignment: Roundabout 3 Arm 4 - CW02 Nearside Kerb Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+211.47

Vertical Alignment: Roundabout 3 Circulatory Crown Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+034.56

Vertical Alignment: Roundabout 3 Inscribed Circle Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+178.10, End: 0+357.45

Vertical Alignment: Roundabout 3 Island Adjusted Elevations

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 0+028.27

Projet du deuxième boulevard périphérique de Mostaganem

Listing Axe en Plan

Tangent Data

Length: 1693.967 Course: S 23° 32' 30.4673" W

Spiral Curve Data: clothoid

Length: 128 L Tan: 85.413
Radius: 480 S Tan: 42.739
Theta: 07° 38' 21.9742" P: 1.421
X: 127.773 K: 63.962
Y: 5.682 A: 247.871
Chord: 127.899 Course: S 20° 59' 44.5228" W

Circular Curve Data

Delta: 80° 32' 18.2288" Type: LEFT
Radius: 480
Length: 674.717 Tangent: 406.626
Mid-Ord: 113.752 External: 149.083
Chord: 620.525 Course: S 24° 22' 00.6213" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length: 128 L Tan: 85.413
Radius: 480 S Tan: 42.739
Theta: 07° 38' 21.9742" P: 1.421
X: 127.773 K: 63.962
Y: 5.682 A: 247.871
Chord: 127.899 Course: S 69° 43' 45.7654" E

Tangent Data

Length: 414.688 Course: S 72° 16' 31.7098" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length: 162 L Tan: 108.031

Radius:		1100 S Tan:	54.028
Theta:	04° 13' 08.5903"	P:	0.994
X:		161.912 K:	80.985
Y:		3.975 A:	422.137
Chord:		161.961 Course:	S 73° 40' 54.3408" E

Circular Curve Data

Delta:	06° 25' 01.0491"	Type:	LEFT
Radius:		1100	
Length:		123.197 Tangent:	61.663
Mid-Ord:		1.724 External:	1.727
Chord:		123.132 Course:	S 79° 42' 10.8246" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:		162 L Tan:	108.031
Radius:		1100 S Tan:	54.028
Theta:	04° 13' 08.5903"	P:	0.994
X:		161.912 K:	80.985
Y:		3.975 A:	422.137
Chord:		161.961 Course:	S 85° 43' 27.3084" E

Tangent Data

Length:		399.883 Course:	S 87° 07' 49.9394" E
---------	--	-----------------	----------------------

Spiral Curve Data: clothoid

Length:		118 L Tan:	78.714
Radius:		550 S Tan:	39.376
Theta:	06° 08' 46.5883"	P:	1.054
X:		117.864 K:	58.977
Y:		4.216 A:	254.755
Chord:		117.94 Course:	S 85° 04' 55.1287" E

Circular Curve Data

Delta:	17° 55' 17.2859"	Type:	RIGHT
Radius:		550	
Length:		172.034 Tangent:	86.725
Mid-Ord:		6.713 External:	6.796
Chord:		171.333 Course:	S 72° 01' 24.7082" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	118	L Tan:	78.714
Radius:	550	S Tan:	39.376
Theta:	06° 08' 46.5883"	P:	1.054
X:	117.864	K:	58.977
Y:	4.216	A:	254.755
Chord:	117.94	Course:	S 58° 57' 54.2877" E

Tangent Data

Length:	801.021	Course:	S 56° 54' 59.4770" E
---------	---------	---------	----------------------

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	138	L Tan:	92.036
Radius:	800	S Tan:	46.033
Theta:	04° 56' 30.3395"	P:	0.992
X:	137.897	K:	68.983
Y:	3.965	A:	332.265
Chord:	137.954	Course:	S 58° 33' 49.2166" E

Circular Curve Data

Delta:	81° 58' 44.9878"	Type:	LEFT
Radius:	800		
Length:	1144.645	Tangent:	695.174
Mid-Ord:	196.137	External:	259.843
Chord:	1049.475	Course:	N 77° 09' 07.6896" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	138	L Tan:	92.036
Radius:	800	S Tan:	46.033
Theta:	04° 56' 30.3395"	P:	0.992
X:	137.897	K:	68.983
Y:	3.965	A:	332.265
Chord:	137.954	Course:	N 32° 52' 04.5958" E

Tangent Data

Length:	532.932	Course:	N 31° 13' 14.8561" E
---------	---------	---------	----------------------

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	162	L Tan:	108.031
Radius:	1100	S Tan:	54.028
Theta:	04° 13' 08.5903"	P:	0.994
X:	161.912	K:	80.985
Y:	3.975	A:	422.137
Chord:	161.961	Course:	N 32° 37' 37.4871" E

Circular Curve Data

Delta:	19° 24' 29.8667"	Type:	RIGHT
Radius:	1100		
Length:	372.613	Tangent:	188.108
Mid-Ord:	15.74	External:	15.968
Chord:	370.834	Course:	N 45° 08' 38.3798" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	162	L Tan:	108.031
Radius:	1100	S Tan:	54.028
Theta:	04° 13' 08.5903"	P:	0.994
X:	161.912	K:	80.985
Y:	3.975	A:	422.137
Chord:	161.961	Course:	N 57° 39' 39.2724" E

Tangent Data

Length:	453.215	Course:	N 59° 04' 01.9034" E
---------	---------	---------	----------------------

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	158	L Tan:	105.365
Radius:	1040	S Tan:	52.696
Theta:	04° 21' 08.1920"	P:	1
X:	157.909	K:	78.985
Y:	3.999	A:	405.364
Chord:	157.959	Course:	N 57° 36' 59.4279" E

Circular Curve Data

Delta:	29° 36' 10.0998"	Type:	LEFT
Radius:	1040		
Length:	537.333	Tangent:	274.807
Mid-Ord:	34.51	External:	35.695

Chord: 531.376 Course: N 39° 54' 48.6615" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	158 L Tan:	105.365
Radius:	1040 S Tan:	52.696
Theta:	04° 21' 08.1920" P:	1
X:	157.909 K:	78.985
Y:	3.999 A:	405.364
Chord:	157.959 Course:	N 22° 12' 37.8951" E

Tangent Data

Length: 948.292 Course: N 20° 45' 35.4196" E
