

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

Pour l'Obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics

Thème

Etude d'un tronçon autoroutier des hauts
plateaux sur 10 km avec conception d'un
échangeur avec RN40

Encadré par :

Mme K. Ait Mokhtar

Présenté par :

*CHEGLOUFA Hamza
DAHMANE Kada*

Proposé par :

DPN / ANA

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

A decorative border with floral motifs in the corners and small flowers along the sides, framing the central text.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SOMMAIRE

❖ INTRODUCTION GENERALE.....	1
------------------------------	---

1 PRESENTATION DU PROJET

1.1 Introduction.....	2
1.2 Présentation du projet.....	2
1.3 Localisation du projet.....	3
1.4 Présentation de la région.....	3
1.5 L'objectif du projet.....	5
1.6 Justification de l'échangeur.....	5
1.7 Conclusion.....	5

2 ETUDE D'AVANT PROJET SOMMAIRE

2.1 Introduction.....	6
2.2 La zone étudiée.....	6
2.3 Types des contraintes.....	7
2.4 Choix de couloir (APS).....	7
2.5 Conclusion.....	9

3 DONNEES DE BASE

3.1 Introduction.....	10
3.2 Objet de l'ICTAAL et domaine d'application.....	10
3.3 Conception générale.....	10
3.4 Normes géométriques	11

4 ETUDE DU TRAFIC

4.1 Introduction.....	12
4.2 analyse du trafic.....	12
4.3 Les déférences types du trafic.....	12
4.4 Application au projet.....	13
4.5 Calcul l'année de saturation.....	16

5 TRACE EN PLAN

5.1	Introduction.....	17
5.2	Règles et principes du tracé en plan.....	17
5.3	Éléments de trace en plan.....	17
5.4	Les raccordements progressifs.....	20
5.5	Enchaînement des éléments du tracé en plan.....	21
5.6	Calcul d'axe.....	21

6 PROFIL EN LONG

6.1	Introduction.....	24
6.2	Règles du profil en long.....	24
6.3	Trace de la ligne rouge	25
6.4	Caractéristique du profil en long.....	25
6.5	Coordination entre tracer en plan et profil en long.....	26
6.6	Exemple de calcul manuel d'axe de profil en long.....	27

7 PROFIL EN TRAVERS

7.1	Introduction.....	29
7.2	Types de profils en travers.....	29
7.3	Les éléments du profil en travers.....	29
7.4	Classification du profile en travers	31
7.5	Profils en travers au droit des ouvrages d'art.....	31
7.6	Profil en travers type pour le projet.....	32

8 CUBATURE

8.1	Introduction	33
8.2	Définition.....	33
8.3	Les méthodes de calcul.....	33
8.4	Description de la méthode.....	34
8.5	Exemple d'application.....	34
8.6	Calcul des cubatures de projet.....	35

9 ETUDE GEOTECHNIQUE

9.1	Introduction.....	36
9.2	Les moyens de reconnaissance	36
9.3	Condition d'utilisation des sols en remblais	40

10 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

10.1	Introduction.....	41
10.2	Rôles des différentes couches d'une structure chaussée	41
10.3	Méthodes de dimensionnements.....	42
10.4	Application au projet	43
10.5	Vérification de la structure	46
10.6	Conclusion.....	49

11 OUVRAGE D'ART

11.1	Introduction.....	50
11.2	Conception du pont.....	50
11.3	L'exigence fonctionnelle.....	50
11.4	Choix le type de l'ouvrage.....	50
11.5	Conclusion.....	52

12 CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

12.1	Introduction.....	53
12.2	Définition de l'échangeur.....	53
12.3	Rôle d'un échangeur	53
12.4	Caractéristiques géométriques des échangeurs	54
12.5	Les différents types de l'échangeur.....	56
12.6	Critère de base	57
12.7	Règle de conception	57
12.8	Choix de l'échangeur.....	57
12.9	Carrefour.....	60
12.10	Conclusion.....	61

13 ASSAINISSEMENT

13.1	Introduction.....	62
13.2	Les dégradations provoquées par les eaux	62
13.3	Objectif de l'assainissement	62
13.4	Assainissement de chaussée.....	62
13.5	Dimensionnement des ouvrages d'évacuations	63
13.6	Application au projet.....	65
13.7	Tableau récapitulatif des buses.....	68

14 SIGNALISATION

14.1	Introduction.....	69
14.2	L'objectif de la signalisation routière	69
14.3	Catégories de signalisation	69
14.4	Règle à respecter pour la signalisation	69
14.5	Types de signalisation	70
14.6	Application au projet.....	72

15 IMPACT SUR L'EVIREMENT

15.1	Introduction.....	76
15.2	Cadre juridique.....	76
15.3	Objectifs.....	76
15.4	Les impacts	77
15.5	Conclusion.....	80

16 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

17 CONCLUSION GENERALE

18 BIBLIOGRAPHIE

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mme : AIT MOKHTAR pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nous remercions vivement nos familles DAHMANE et CHEGLOUFA pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

*Je dédie ce modeste travail à **ma très chère mère**, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils, donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant. Je prie Dieu le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète,*

Et te protège et te garde en bonne santé.

*A **mon père** qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.*

*A **mes braves frères** ; et Spécialement à MOKHTAR à l'occasion de son mariage.*

A mon neveu: MOHAMED

A mes amis : GANIA, AICHA, RAZOUG, SALEM, LAZRAGE

Et tous mes collègues d'ENSTP

A mon binôme et confrère : CHEGLOUFA HAMZA (sahbi)

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

...Et a tous ceux qui portent l'Algérie dans leurs cœurs et veulent la construire.

Enfin, à tous ceux qui m'aiment.

DÉDICACES

*Je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir
motivé à réaliser ce modeste travail*

Je dédie Ce modeste travail à:

*Ma très chère mère et mon père pour
leurs sacrifices, sans jamais oublier*

Mon très cher frère et sœurs.

Mes oncles et tantes

*À tous mes amis d'enfance et du
Long parcours scolaire et
Universitaire*

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

CHEGLOUFA HAMZA

Introduction :

Les voies de communication sont la source du développement d'un pays, les recherches et les études sur les tracés routiers ont pris actuellement une ampleur considérable à travers le monde.

L'Algérie dispose du réseau routier le plus important d'Afrique. Néanmoins, il demeure insuffisant compte tenu des impératifs de développement et de progrès du pays. Un quart du réseau routier actuel est en mauvais état et se dégrade. Ce réseau routier compte près de 4800 ouvrages d'art dont la plupart ont besoin d'être réhabilités, 28.192 Kms de routes nationales (R.N), 23.609 Kms de chemins de wilayas (C.W), et 55.523 Kms de chemins communaux (C.C). Plus de 90% des échanges se font par route. À long terme cette situation a de fortes chances de se maintenir en raison des avantages qu'offre le transport routier.

Plusieurs actions sont prévues par le Ministère des Travaux Publics afin de développer et de moderniser le réseau routier algérien notamment: la sauvegarde des infrastructures routières existantes, le développement et l'extension du réseau, l'aménagement dans les grands centres urbains et la modernisation et l'adaptation du réseau existant. Toutes ces réalisations doivent être faites tenant compte des aspects économiques, techniques, esthétiques et environnementaux.

La réalisation de l'autoroute des hauts plateaux d'une longueur de 1020 kms est améliorée et facilite les échanges entre l'Est et l'Ouest de l'Algérie, la réduction des accidents de la route et la création de plusieurs pôles économiques. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études dont le thème **Etude en APS et A.P.D d'un tronçon autoroutier sur 10 km avec conception d'un échangeur** ». Il rentre dans le cadre du renouvellement du réseau routier de la wilaya de Tiaret tout en assurant le lien entre l'autoroute et la wilaya.



Figure n°1 : Actualité de réseau routier en Algérie.

1 PRESENTATION DE PROJET

1.1. Introduction :

D'après la nouvelle carte routière mise sur le site du Ministère des Travaux Publics, la plus grande partie des **1020 Km** de l'autoroute des hauts plateaux seront en fait un élargissement de routes nationales déjà existantes (**2x2 voies**) avec contournement des agglomération et passages supérieurs/inférieurs au niveau des croisements.

Donc à **80%** elle va suivre un tracé déjà existant en suivant des nationales au tracé assez droit. Les seuls nouveaux tracés seront pour éviter des routes sinueuses (Tébessa-Khenchela), pour gagner du temps (M'Sila - Ain Lahdjel) ou pour créer une route là où il n'y en avait pas (Rechaiga - Sougueur - Saida),

Ainsi l'autoroute des hauts plateaux totalisera **160 km** de nouveau tracé, **915 km** de tracé existant dont **50 km** sont déjà en 2x2 voies

1.2. Présentation de projet :

La rocade des hauts plateaux est l'un de ses projets les plus important, cette rocade s'étend sur une distance de **1020 km**, il trouve son origine à l'ouest de l'Algérie à la limite de la frontière marocaine à proximité d'el Aricha (Tlemcen) en passant par Sidi bel Abbés, Saida, Tiaret, Djelfa ,Ain Oussara, Bou Saada, M'sila, Biskra, Batna, Oum el Bouaghi, Khenchela et Tébessa, pour aboutir à la Bouchebka (frontière tunisienne).



Figure.1.1. la rocade des hauts plateaux.

1.3. Localisation de projet :

Le projet faisant l'objet de la présente mémoire «Etude en APS et APD d'un tronçon autoroutier (des hauts plateaux) à wilaya Tiaret (**RECHAIGA**) sur 10 Km avec conception d'un échangeur.



Figure.1.2. localisation de notre projet.

1.4. Présentation de la région :

La commune de HAMADIA qui fait partie de la wilaya de Tiaret, est située dans la partie Nord de la haute plaine du sersou,

Elle est limitée par :

NORD : Par la commune de TISSEMSILT et celle de COLONEL BOUGARA.

SUD : Par la commune de RECHAIGA.

EST : Par la commune de COLONEL BOUGARA et RECHAIGA.

OUEST : Par la commune de MAHDIA et celle de AIN DZARIT.

Dans l'ensemble, le territoire de la commune de HAMADIA, paraît plat. Elle est entourée par l'oued Zilène au nord, l'oued Ouassel à l'Ouest et enfin au sud par L'oued Mechti.

Elle est traversée par la route nationale (**RN 40**), ayant pour dénomination Rocade, au vu de sa fréquentation importante et par sa liaison avec les axes routiers reliant L'Ouest à l'Est -le Sud et le Nord par le CW 14 et le CW 16.

La commune de HAMADIA, est essentiellement à vocation agricole puisque sa superficie agricole utile pour la semence de blé dur, blé tendre, orge est de **10.211** ha soit **54,44 %** de la totalité du

territoire de la commune. En ce qui concerne les fruits et légumes, les terres agricoles avoisinent les 5 % de l'ensemble de la totalité du territoire de la commune.

Pour ce qui est du reste de la superficie, on notera :

- **5210 ha**, terres en jachères et pâturages
- **663 ha**, terres inaptées à l'agriculture.
- **105 ha**, occupés par l'habitat du centre de la ville.
- **300 ha**, occupés par l'habitat rural.

Un projet d'un centre d'enfouissement technique (CET) est implanté à la périphérie (Sud-ouest) de la ville de HAMADIA et les travaux sont en cours de réalisation. Son but est de traiter les ordures ménagères des deux daïras MAHDIA et HAMADIA.

La commune de HAMADIA, a aussi bénéficié d'un projet d'amélioration urbaine, et ce, au profit de la réhabilitation de divers quartiers qui souffraient auparavant de tout cadre urbain esthétique.

La **RN 40** est la principale route qui traverse wilaya de Tiaret de part en part. Elle relie la **RN14** dans la ville de Dahmouni , permet l'évitement de Ain Meriem qu'elle relie par le **CW6** et traverse la ville Si Haoues et relie aussi la ville Ain Dzarit via le **CW3** à l'ouest de RECHAIGA. Elle assure aussi l'évitement de la commune de Mahdia qui lui est reliée par le **CW1**. Elle passe par la commune de Hamadia via le **CW14** et le **CW16**. Elle traverse Hassi Fedoul par le **CW77** à l'est puis la ville Sidi Lladjel-Chahbounia-Boughezoul....



Figure.1.3. La RN 40

Le climat de la région est un climat semi-aride, très chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La pluviométrie ne dépasse pas les 300mm dans cette région en moyenne. La période des pluies apparaît dès le début de l'automne pour s'achever au printemps. Par contre la période sèche apparaît dès le début de mois de mai jusqu'à début septembre.

L'analyse du climat est importante car ce facteur influe directement sur le développement ou la dégradation probable d'une région.

Les variations périodiques annuelles de la température sont exprimées par les valeurs moyennes mensuelles. La température moyenne en mois de juillet varie entre 29°C et 43°C.

En hiver, la température moyenne minimale atteint 8°C (mois de janvier).

1.5. L'objectif du projet :

L'objectif de notre projet est de :

- Relier la rocade des hauts plateaux à la route **RN40** existante.
- Gain de temps de parcours.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Le transfert de l'écoulement du trafic automobile à l'extérieur de la ville de **RECHAIGA**.
- L'amélioration de la sécurité et le confort des usagers.
- Réduire le nombre des accidents.

1.6. Justification de l'échangeur :

Le but de l'échangeur est assurer la continuité du réseau autoroutier et de desservir plusieurs directions en même temps. En distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points des conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.

Cet échangeur permettra l'accès à l'évitement nord de la ville **RECHAIGA**. Cette voie de contournement sera empruntée par les poids lourds, qui n'auront ainsi plus besoin de traverser les artères de la ville en y causant d'énormes désagréments, principalement durant la saison estivale.

1.7. Conclusion.

Ce nouveau projet va certainement permettre une modernisation du réseau routier locale qui amènera un développement certain aux communes citées plus haut. Il s'intègre dans le grand projet de la rocade des hauts plateaux qui est un des plus ambitieux projets en termes d'infrastructures routières en Algérie pour la décennie à venir.

2 ETUDE D'AVANT PROJET SOMMAIRE

2.1. Introduction :

La phase APS est l'étape qui suit la phase préliminaire, dans le cas où cette dernière est prévue. Elle consiste à étudier plus profondément les variantes retenues dans l'étude antérieure ou bien quand celle-ci n'est pas prévue, de procéder à l'étude à partir de carte d'état major, de cartes topographiques et aussi géologiques, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante.

On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivants :

- Les contraintes remarquées sur le site.
- L'aspect économique du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

L'étude APS consiste à proposer plusieurs variantes afin de faire une comparaison Multicritères entre elles pour retenir la meilleure pour l'étude APD. Pour notre cas on va proposer deux variantes.

2.2. La zone étudiée :

• Topographie et relief :

Le site du couloir réservé à notre projet est caractérisé par une hétérogénéité de ses surfaces et la complexité de ses couches géologiques.

Du point de vue topographique, le couloir du tracé traverse des monts et plaines caractérisés par des altitudes variables. La majorité des terrains traversés sont des plaines de faible pente.

Les altitudes de ce couloir varient entre **834m** et **857m** en moyenne.

• Agriculture :

En général, la zone concernée par le projet, est une zone agricole, entaillée par un réseau hydrographique. Elle se caractérise et est limitée notamment par des champs de blé et d'orge.

• Réseaux Hydrographiques :

Du point de vue géographique, cette région d'étude comporte plusieurs oueds d'importance.

L'oued mechti au Nord et l'oued soussalem au Sud.

2.3. Types des contraintes :

L'investigation sur site a permis de constater généralement que la zone concernée par le projet est une zone agricole au relief plat.

Les principales contraintes sur le tronçon sont comme suit :

- Les habitations.
- Les routes nationales.
- Généralement la zone concernée par le projet est une zone agricole.
- Les réseaux (électricité, conduites d'eau,).



Figure.2.1. Les principales contraintes.

2.4. Choix de couloir (APS) :

Dans cette phase, on va étudier deux variantes passant au Nord de la ville **RECHAIGA** afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

- **La variante «A » :**

Ce tracé est le plus court. Le tracé en plan de notre projet travers un relief plat et évite les réservoirs d'eaux et les lignes électriques, et se situe loin des habitations. Il présente l'avantage d'avoir une large surface non exploitée qui permettra l'implantation de l'échangeur. Il franchit : **La RN 40.**

- **La variante «B» :**

Pour la deuxième variante, elle a presque la même trajectoire que la première et ne passe pas loin des agglomérations. Elle traverse des réservoirs d’eaux et un terrain agricole. Il nécessite la démolition de certaines habitations afin d’implanter l’échangeur permettant l’évitement de la ville de RECHAIGA .Cette variante franchit aussi **La RN40**.

La figure ci après montre les deux variantes :

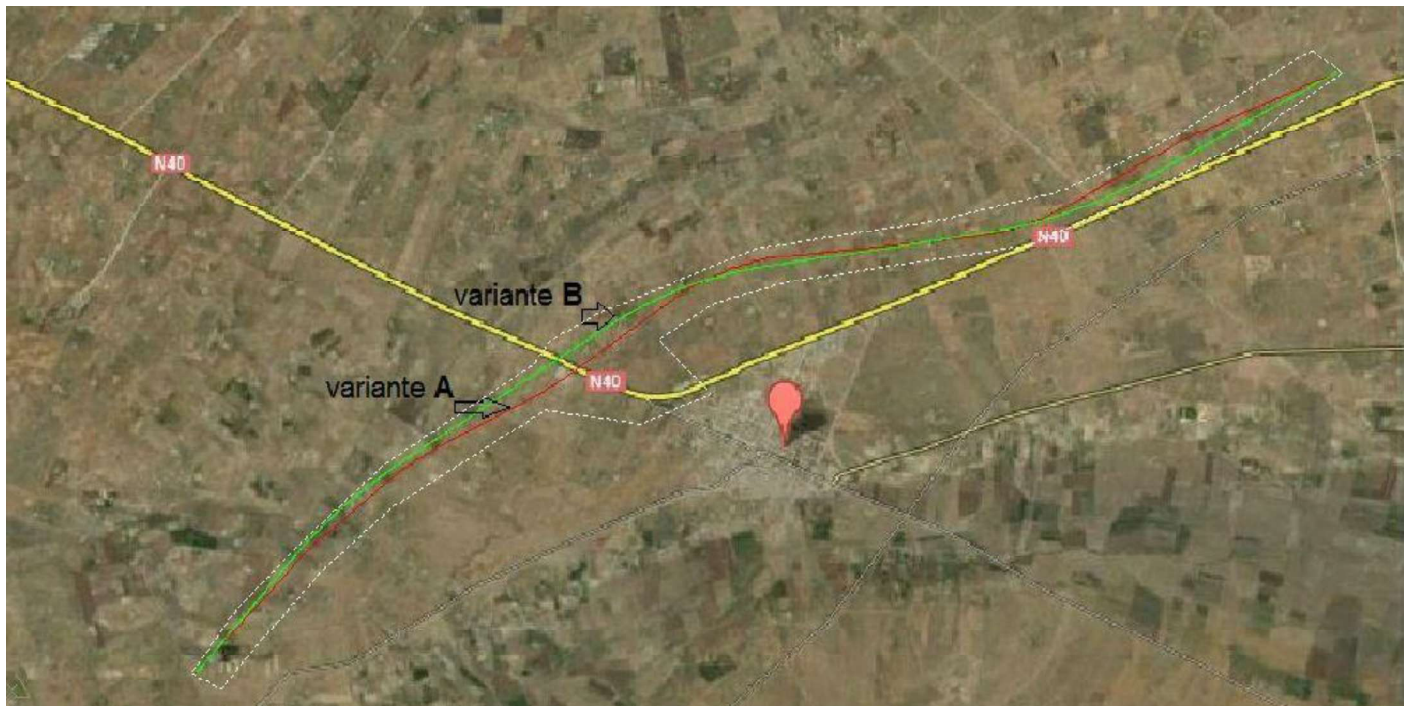


Figure.2.2. présentation des variantes.

Tableau .2.1. La comparaison des caractéristiques géométrique

		Variante A	Variante B
Tracé en plan	R _{min} (m)	2000	3000
	Ligne %	68.72	62.43
	Courbe %	31.27	37.57
	Longueur total (m)	10090	10097
Profil en long	Volume de remblai (m ³)	210693	201042
	Volume de déblai (m ³)	8005	13391
	H _{max} de remblai (m)	2.16	2.23
	H _{max} de déblai (m)	0	0.58

2.5. Conclusion :

Apparemment la zone que traverse les deux tracés est relativement de mêmes caractéristiques ; néanmoins le tracé de la variante «**B**» :

- Franchit les agglomérations et réservoirs d'eaux.
- Il occupe une plus grande surface des terres utilisées pour la culture des blés ou des orges.
- Engendre plus d'indemnités à rembourser aux propriétaires des terres.

Notre terrain est à faible pente, donc le trace doit être faite en remblai et on doit éviter les déblais à cause du risque de stagnation des eaux pluviales.

Donc la variante retenu est ; **la variante ((A))**.

3.1. Introduction :

Le but de ce chapitre est de présenter les normes géométriques qui ont été la base de l'approfondissement de l'APD.

Pour la conception géométrique nous avons utilisé la norme **ICTAAL 2000**.

3.2. Objet de l'ICTAAL et domaine d'application :

L'ICTAAL traite de la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant. Dans cette instruction, le terme autoroute désigne une route à chaussées séparées comportant chacune au moins deux voies en section courante, isolée de son environnement et dont les carrefours sont dénivelés.

3.3. Conception générale :

3.3.1. Classification de la route :

La classification de la route est dictée par la fonction prévue, la qualité de service souhaitée et le niveau de confort recherché.

La route a été classée comme autoroute (donc c'est la catégorie **L1**).

3.3.2. Nombre de voies :

Le nombre de voies est fonction du trafic donc il sera déterminé dans le chapitre suivant (étude de trafic).

3.3.3. Vitesse de référence :

Dans la circulaire du 12 décembre 2000, à l'article 1.2, l'ICTAAL propose deux catégories de vitesse de référence pour les autoroutes, qui se distinguent comme suit :

- la catégorie L1, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
- la catégorie L2, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique.

Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées, selon l'ICTAAL, aux vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h. Cependant, en considération des standards de conception ayant cours en Algérie, et sachant que le tracé autoroutier du présent projet ne rencontre pas de grandes contraintes (le terrain est plat, les villes sont dispersées, etc.), on a donc prévu une vitesse de **120km/h**.

3.4. Normes géométriques :

Les paramètres géométriques adoptés pour notre projet sont résumés dans le tableau 3.1.

Tableau. 3.1. Paramètres géométriques de l'autoroute (ICTAAL 2000)

Désignations des paramètres	Symbole Unité	Catégorie		
		130 L ₁	110 L ₂	120
Vitesse de référence	V (km/h)	130 L ₁	110 L ₂	120
Tracé en plan				
Rayon minimum absolu	R _m (m)	600	400	500
Rayon minimum non déversée	R _{nd} (m)	1000	650	850
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1500	975	1300
Longueur minimum de clothoïde	Ls (m)	Max (14 Δ δ ; R/9)		
Profil en long				
Déclivité maximum	P(%)	5	6	5
Déclivité minimum	P(%)	0.2	0.2	0.2
Rayon minimal de raccordement convexe	R _V (m)	12500	6000	10000
Rayon minimal de raccordement concave	R _V (m)	4200	3000	3600
Profil en travers				
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4		
Largeur de voie	L(m)	3.5		
Dévers minimum	d(%)	-2.5		
Dévers maximum	d(%)	7		

4.1. Introduction :

Les études de trafic constituent l'élément de base dans la conception et le dimensionnement du réseau routier. Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante.

Il est nécessaire de connaître les différents courants de circulation ainsi que l'origine et la destination des différents véhicules.

4.2. Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ce dernier nécessite une logistique et une organisation appropriées.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

Il y a plusieurs techniques utilisées pour la détermination du trafic et de ses composantes qui sont:

4.2.1. Les comptages : (technique n'identifiant pas les véhicules)

- Comptages manuels.
- Comptages automatiques.
- Comptages directionnels.
- Comptage directionnel par numéro de voiture.

4.2.2. Les enquêtes simplifiées :

- Enquêtes par relève minéralogique.
- Enquêtes par cartes.
- Enquêtes papillons.

4.2.3. Les enquêtes complètes :

- Enquêtes par interview le long de la route
- Enquête par interview au niveau des habitations ou enquêtes ménages

4.3. Les différents types du trafic :

- **Trafic local** : interne qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée

- **Trafic d'échange** : l'origine et la destination sont l'un à l'intérieur de la zone étudiée, l'autre à l'extérieur.
- **Trafic de transit**: origine et destination en dehors de la zone étudiée, il est susceptible d'être intéressé par certains aménagements (une déviation).

4.4. Application au projet :

a) Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire **C**.

b) Les données de trafic :

Selon les résultats de comptages et de prévisions, effectués par l'ANA nous avons :

- le trafic journalier moyen annuel à l'année 2010 (TJMA2010) est de **6851v/j**.
- La mise en service est prévue pour l'année **2017**.
- La durée de vie est de **20ans**.
- pourcentage de poids lourd : **Z=28%**.
- taux de croissance : **τ=4%**

c) Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon :

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

$$\text{TJMAh} = \text{TJMA0} (1 + \tau)^n \quad \text{Avec :}$$

TJMAh : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2017)

TJMA0 : le trafic à l'année de référence (origine 2010).

n : nombres d'années.

τi: taux d'accroissement du trafic (%).

On a: TJMA0 = TJMA2010 = **6851 v/j**.

$$\text{TJMA2017} = \text{TJMA 2010}(1 + \tau)^7 = 6851(1 + 0.04)^7 \approx \mathbf{9016v/j}.$$

$$\text{TJMA2037} = \text{TJMA 2017}(1 + \tau)^{20} = 9016(1 + 0.04)^{20} \approx \mathbf{19755 v/j}.$$

d) Calcul du trafic effectif :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$\text{Teff} = [(1 - Z) + Z.P] \text{TJMA}_h$$

Avec : Teff : trafic effectif à l'année horizon en (uvp /jour).

Z : pourcentage de poids lourd $Z = 28\%$

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds

Tableau. 4.3. Coefficient d'équivalence « P »

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

Pour notre projet l'environnement est **E1** (terrain en plaine), donc et d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a **P=3**.

$$\text{Teff (2037)} = [(1 - Z) + Z.P].\text{TJMA}_{2037}$$

- $\text{Teff (2037)} = [(1 - 0.28) + 3 \times 0.28] \times 19755 \approx 30818 \text{ uvp /j.}$

e) Débit de pointe horaire normale :

La formule qui donne le débit de pointe horaire normale est : $Q = \frac{1}{n} . \text{Teff}$

Avec : Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heure, (en général n=8 heures), donc : $\frac{1}{n} = 0.12$

Teff : trafic effectif.

D'où le débit prévisible à la 20eme année :

$$Q \text{ prévisible (2037)} = 0.12 \times \text{Teff (2037)}$$

- $Q \text{ prévisible (2037)} = 0.12 \times 30818 \approx 3699 \text{ uvp/h.}$

f) Débit horaire admissible :

La formule qui donne le débit horaire admissible est : $Q_{adm} = K1. K2. C_{th}$

Avec : K1, K2 : coefficients correcteur.

C_{th}: capacité théorique.

Tableau .4.4. Coefficient « K1 ».

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9à0.95

Pour notre projet l'environnement est **E1** (terrain en plaine), donc **K1=0.75**.

Tableau .4.5. Coefficient « K2 ».

environnement	Catégorie de la route				
	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	0.96	0.96

Pour notre projet (**E1, C1**), donc **K2=1**.

Tableau .4.6. Valeur de la capacité théorique.

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

A partir du tableau : $C_{th} = 1800$ uvp/h.

- $Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350$ uvp/h.

g) Détermination du Nombre De Voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle**

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant

D'avoir : $Q \leq Q_{adm}$

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle**

Le nombre de voies par chaussée : est le nombre le plus proche du rapport : $N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}}$

Tel que : S : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

Pour notre projet on a une chaussée unidirectionnelle (autoroute):

$$N = S \times \frac{Q \text{ prévisible}}{K1.K2 . Cth(/voie)} = \frac{2}{3} \times \frac{3699}{1350} = 1.82 \approx 2$$

Donc : Tronçon d'étude : **2×2voies**.

4.5. Calcul l'année de saturation:

$$T_{\text{eff}}(2017) = [(1 - 0.28) + 3 \times 0.28] \times 9016$$

$$T_{\text{eff}}(2017) = 14064.96 \approx 14065 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2017} = 0,12 \times 14065 = 1688 \text{ uvp/h.}$$

$$\text{Donc : } Q_{2017} = 1688 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2017} \Rightarrow n = \frac{l^n(Q_{\text{saturation}}/Q_{2017})}{l^n(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{5400}{1688}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 29.64 \approx 29 \text{ ans}$$

$$\text{Donc : } n = 29 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée **29ans** après la mise en service donc l'année de saturation est :

Année : 2046

Conclusion :

Les résultats des calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA2010 (v/j)	TJMA2017 (v/j)	TJMA2037 (v/j)	Teff 2037 (uvp/j)	Q (uvp/h)	N nombre de voie par sens
6851	9016	19755	30818	3699	2

5.1. Introduction :

Le tracé en plan (en situation ou horizontal) est la projection verticale de la route sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Le tracé de l'axe de route est composé d'une succession de lignes droites raccordées par des cercles.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

Les paramètres de dimensionnement utilisés dans le tracé en plan, suivent les normes de **L'ICTAAL2000**, pour une vitesse maximale autorisée en Algérie (code de la route) de 120 km/h, en adoptant la catégorie de base ((L1)).

5.2. Règles et principe du tracé en plan :

Pour une bonne conception de tracé en plan, il est recommandé de :

- Appliquer les normes du (ICTAAL 2000).
- Eviter de passer sur les terrains agricoles.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits.
- Eviter les franchissements des oueds, les constructions, les ouvrages d'arts.
- Respecter la pente maximum.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Respect des règles de visibilité.
- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.

5.3. Eléments de trace en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements, de courbes de raccordement et d'arcs de cercles comme schématisé ci-dessous ;

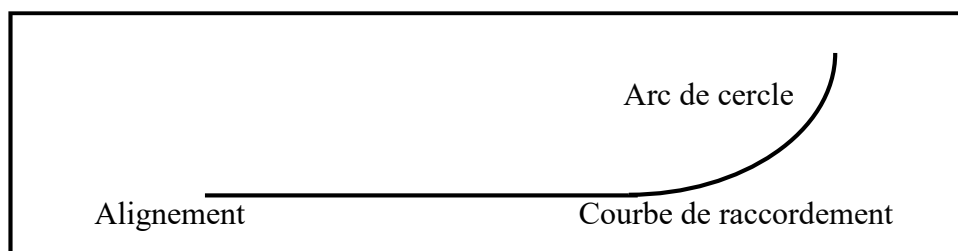


Figure.5.1. les éléments du tracé en plan

5.3.1. Les alignements :

La droite soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utilisé, mais les grands alignements droits sont très déconseillés. La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- de nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

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

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

La longueur des alignements dépend de la durée du parcours rectiligne, ainsi :

- La longueur minimale c'est le chemin parcouru en $t=5\text{sec}$ à une vitesse de base V_B
- La longueur maximale c'est le chemin parcouru en $t=1\text{ min}$ à une vitesse de base V_B

Tableau.5.1. Valeurs extrêmes des alignements droits du T.P (source ICTAAL 2000)

Vitesse de base	V_B (km/h)	120
La longueur minimale	L_{\min} (m)	200
La longueur maximale	L_{\max} (m)	2000

5.3.2. Les rayons de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

Tableau.5.2. Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2000)

Vitesse de base	V_B (km/h)	120
Rayon minimal	R_m (m)	500
Rayon minimal non déversé	R_{nd} (m)	850
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1300

- **La stabilité en courbe :**

En passant un virage, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge, c'est la raison pour laquelle on incline la chaussée vers l'intérieur d'une pente exprimée par sa tangente. On définit les rayons du tracé en plan suivants :

- **le rayon minimum :**
$$R_{\min} = \frac{Vr^2}{127 (ft + d)}$$

- **Rayon horizontal minimal absolu :**

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

$$RH_{\min} = \frac{Vr^2}{127 (ft + d_{\max})}$$

- **Rayon minimal normal :**

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant V_B de **20 km/h** de rouler en sécurité.

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

- **Rayon au dévers minimal :**

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

Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$
$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

- **Rayon minimal non déversé :**

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

- **Visibilité en courbe :**

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur du virage par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

- **Sur largeur :**

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

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

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

L:longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10 \text{ m}$).

R: rayon de l'axe de la route $\leq 200\text{m}$

5.4. Les raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à $1,5 \text{ Rnd}$ ne peuvent être raccordées avec les alignements que progressivement par des raccordements progressifs (**clothoïdes**) qui doivent assurer les trois conditions suivantes :

- La condition de confort optique $\Delta\delta$.
- La condition de gauchissement.
- La condition du confort dynamique.

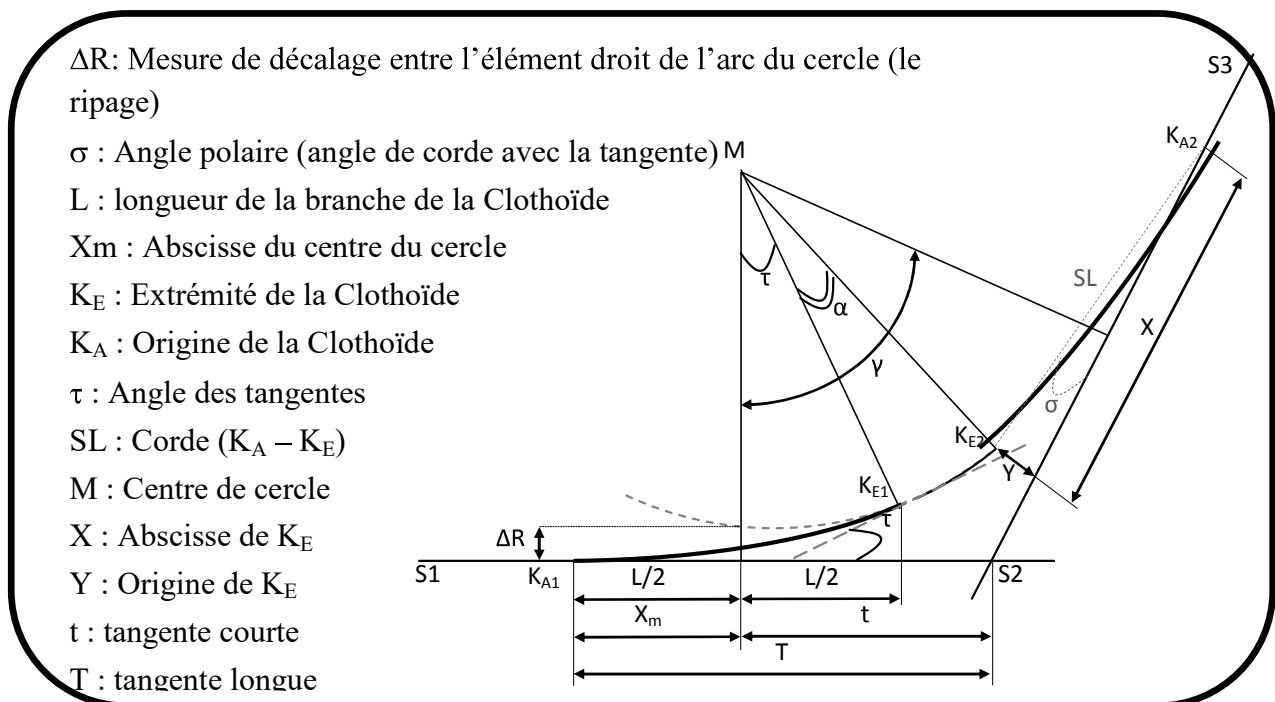


Figure 5.2. Les éléments de la Clothoïde

5.4.1. Expression de la clothoïde :

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L(ou longueur de la clothoïde).

$$\Rightarrow K=C.L; \quad K = 1/R \quad L \cdot R = 1/C$$

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

Il faut d'après l'ICTAAL2000 que la longueur de **clothoïde** soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs : $\{14|\Delta\delta| \text{ et } R/9\}$;

Où : **R (en m)** le rayon de courbure.

$\Delta\delta$ (en %) la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.

Remarque :

On note qu'on n'a pas besoin des raccordements progressifs (clothoïdes) dans notre tracé linéaire.

5.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

D'après l'ICTAAL2000 :

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des rayons supérieurs ou égaux à $1,5 R_{nd}$, en respectant toujours les conditions de confort et les règles de visibilité. On doit aussi respecter les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « $R1 \leq 1,5 R2$ », où **R1** est le rayon de la première courbe rencontrée et « $R2 < 1,5 R_{nd}$ » celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins **200 m**, si ce n'est pas le cas on utilise l'un des raccordements suivants :
 - Courbe en C, courbe à sommet, ou la courbe ovale pour deux courbes de même sens.
 - Courbe en S pour les courbes de sens contraire.

5.6. Calcule d'axe :

Le calcul d'axe est l'opération par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste à calculer l'axe de la route, point par point du début du projet jusqu'à la fin de celui-ci en déterminant les coordonnées de ces points et les gisements des directions.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

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

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle γ entre les alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde polaire SL.
- Vérification de non- chevauchement.

- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

AU PK0+000 à PK2+027 :

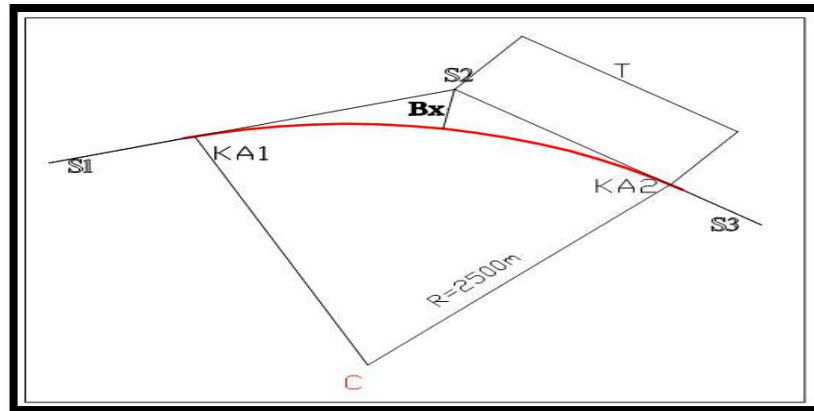


Figure.5.3. Raccordement circulaire entre deux alignements.

Tableau.5.3. Les données de l'axe à calculer

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	V _B (km/h)
S1 (x,y)	402618.8473	3917228.0862	2500	120
S2 (x,y)	403468.5221	3918129.5536		
S3 (x,y)	404080.2479	3918627.5001		

Pour notre projet on a :

$R=2500 \text{ m} > 1300 \Rightarrow d = -2.5\%$ donc le calcul se fait pour un rayon **sans clothoïde**.

- **Calcul des gisements**

$$\begin{cases} |\Delta x_{12}| = |x_{P_2} - x_{P_1}| = 849.6748\text{m} \\ |\Delta y_{12}| = |y_{P_2} - y_{P_1}| = 901.4674\text{m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_2} = 100 - \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|} \right) = 48.117 \text{ grade}$$

$$G_{P_2}^{P_1} = 400 - 48.117 = 351.883 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{849.6784^2 + 901.4674^2} \approx 1238.786$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{23}| = |x_{P_3} - x_{P_2}| = 611.7257\text{m} \\ |\Delta y_{23}| = |y_{P_3} - y_{P_2}| = 497.9465\text{m} \end{cases}$$

$$G_{P_2}^{P_3} = 100 - \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta y_{23}|}{|\Delta x_{23}|} \right) = 56.504 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_2} = 200 + 56.504 = 266.613 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{611.7257^2 + 497.9465^2} \approx 788.7706$$

- **Calcul de l'angle γ**

$$\gamma = G_{P_2}^{P_1} - G_{P_3}^{P_2} = |48.117 - 56.504| = \mathbf{8.387 \text{ grade}}$$

- **Calcul de tangente T**

$$T = (R) \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \Rightarrow T = 2500 \tan\left(\frac{8.387}{2}\right) = \mathbf{164.917 \text{ m}}$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangente :**

$$\beta = 48.117 \text{ gr} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} - T \times \sin(\beta) = 403468.5221 - 164.917 \times \sin(48.117) = 403355.404 \\ Y_{KA1} = Y_{S2} - T \times \cos(\beta) = 3918129.5536 - 164.917 \times \cos(48.117) = 3918009.541 \end{cases}$$

$$\theta = 56.527 \text{ gr} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin(\theta) = 403468.5221 + 164.917 \times \sin(-56.527) = 403596.425 \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \cos(\theta) = 3918129.5536 + 164.917 \times \cos(-56.527) = 3918233.666 \end{cases}$$

$$\mathbf{Larc} = \pi R \left(\frac{\gamma}{200}\right) \quad , \quad \mathbf{Larc} = \pi 2500 \left(\frac{8.387}{200}\right) = \mathbf{329.356 \text{ m}}$$

Remarque :

Les calculs complets de l'axe du tracé en plan sont faits à l'aide du logiciel **AUTO PISTE**, et sont joints dans les annexes.

6.1. Introduction :

Le profil en long est une coupe longitudinale passant par l'axe de la route développée et représentée sur un plan à l'échelle de 1/10.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

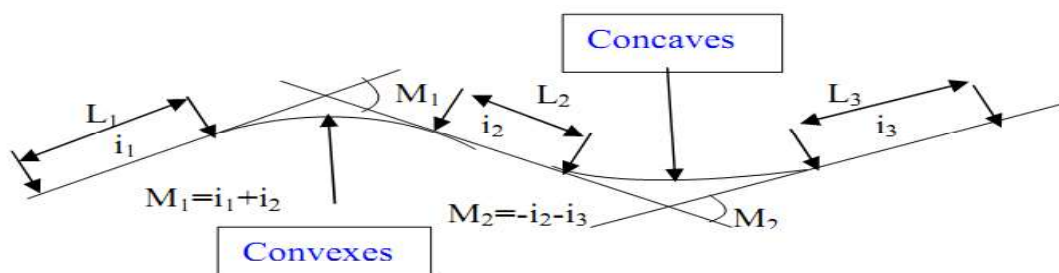


Figure.6.1. Les éléments géométriques du profil en long.

- M : différence de deux déclivités successives munies de leur signe.
- i : déclivité (pente ou rampe).
- L : longueur d'alignement entre deux rayons verticaux.

Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers.

6.2. Règles du profil en long :

Parmi les règles qu'il faut les tenir en compte on peut citer :

- Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité.
- Assurer une circulation sans gêne due au trafic de poids lourds en limitant les valeurs des rampes si possible aux valeurs des normes, ou en créant des voies supplémentaires pour les poids lourds.
- Assurer la coordination entre tracé en le plan et le profil en long.
- Utilisation des grands rayons verticaux.
- Gabarits exigés à l'intersection avec des routes et des oueds.

6.3. Tracé de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- De l'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement.
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
 - D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
 - Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

6.4. Caractéristique du profil en long :

6.4.1. Déclivités

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal.

Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

- **Déclivité maximum :**

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au niveau de service car la réduction de la vitesse forte rampes induit un effort de freinage des poids lourds très important qui engendre l'usure des pneumatiques. La déclivité maximale dépend de :

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

6.4.2. Types de Raccordement en profil en long :

Les changements de déclivité constituent des points particuliers dans le profil en long, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccords :

- **Raccordements convexes (angle saillant) :**

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

- **Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :**

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

Pour notre cas on respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge donnés par le tableau suivant (selon **ICTAL2000**) :

Tableau.6.1. Valeurs extrêmes des paramètres du profil en long.

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.2
Rayon minimal en angle saillant $R_{v_{cx}}$ (m)	10000
Rayon minimal en angle rentrant $R_{v_{cv}}$ (m)	3600

6.5. Coordination entre tracé en plan et profil en long :

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- la perception des points singuliers de l'itinéraire.
- la prévision anticipée des évolutions du tracé.
- l'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêner par des brisures ou des discontinuités.

Pour cette approche, il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. Les outils informatiques actuels incluent généralement cette fonctionnalité.

L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples à respecter :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un alignement droit en plan ou un à une courbe de très grand rayon.

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, en essayant de respecter la proportion

$R_{\text{vertical}} > 6R_{\text{horizontal}}$, pour éviter un défaut d'inflexion.

Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible.

- Eviter qu'un début de courbe faible ($< 300\text{m}$) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage

- Eviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

6.1. Exemple de calcul manuel d'axe profil en long (cas de convexe) :

On fait les calculs à l'aide du logiciel **AUTO PISTE**, et sont joints dans les annexes.

AU PK0+000 à PK1+780:

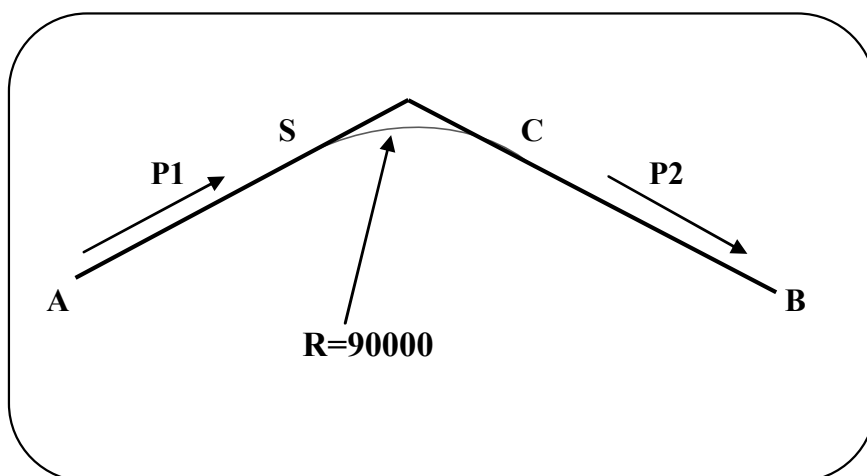


Figure.6.2. schéma illustratif d'un rayon convexe.

-Les points du profil en long

Tableau.6.2. Les données de l'axe à calculer.

Sommets	X(m)	Z (m)	R(m)	V _B (km/h)
S _A (x,y)	0.00	856.280	90000	120
S _S (x,y)	427.575	858.335		
S _D (x,y)	1780.304	853.004		

• Calcul des déclivités :

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} = \frac{858.335 - 856.28}{427.575 - 0.00} \Rightarrow P_1 = 0.48\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} = \frac{853.004 - 858.335}{1780.304 - 427.575} \Rightarrow P_2 = -0.39\%$$

• Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 393.62\text{m}$$

• Calcul de la bissectrice (flèche) B_X

$$B_X = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow B_X = 0.860\text{ m}$$

• Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = 427.575 - 393.62 = 33.955\text{m} \\ Z_B = Z_S - T \times |P_1| = 858.335 - (393.62 \times 0.0048) = 856.445\text{m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow B(33.955, 856.445)$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 427.575 + 393.62 = 821.195\text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |P_2| = 858.335 - (393.62 \times 0.0039) = 856.79\text{m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow C(821.195, 856.79)$$

• Calcul de la longueur de raccordement :

$$L=2 \times T \Rightarrow L = 787.27\text{ m}$$

• Calcul des coordonnées du point J :

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 432\text{m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 1.036\text{m} \\ X_j = X_B + X_{J/A} \Rightarrow X_j = 465.955\text{m} \\ Z_j = Z_B - Z_{J/A} \Rightarrow Z_j = 855.409\text{m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow J(465.955, 855.409)$$

7 PROFIL EN TRAVERS

7.1. Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.

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

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

7.2. Types de profils en travers :

Il existe trois types de profils en travers :

- Profil en remblai.
- Profil en déblai.
- Profil en mixte.

7.3. Les éléments du profil en travers :

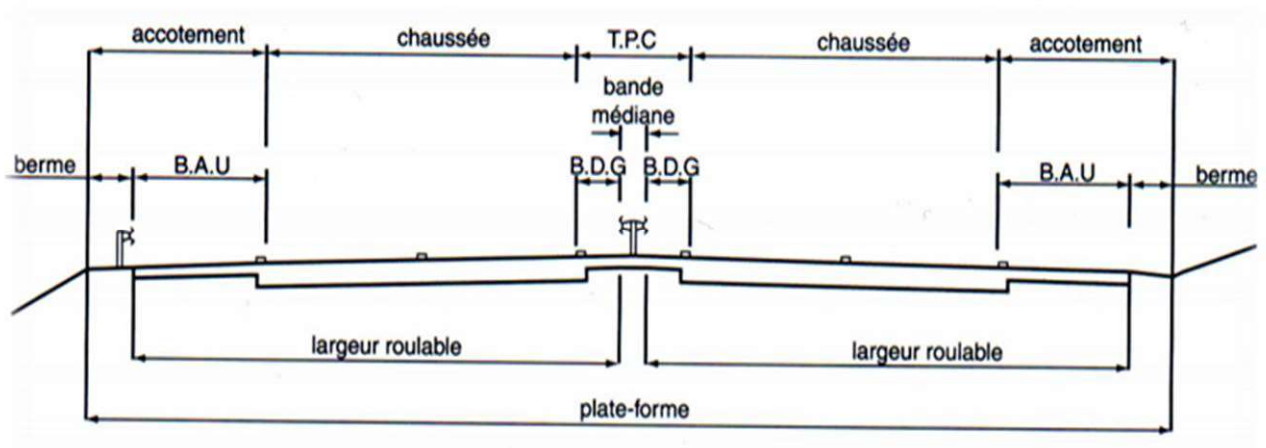


Figure.7.1. Les éléments de profil en travers.

- **Emprise :**

C'est la surface du terrain affecté à la route ; limitée par le domaine public.

- **Assiette :**

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

- **Plate forme :**

Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.

- **Chaussée :**

C'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.

- **Terre-plein central (T.P.C) :**

Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- **Bande dérasée de gauche (B.D.G)**

Elle est destinée à éviter de paroi liée aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

- **Bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

- **Interruption du T.P.C (I.T.P.C) :**

Elle permet, en cas de besoin, de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre.

Les I.T.P.C sont implantées de part et d'autre des ouvrages d'art non courants, des tunnels et des échangeurs, et avec un intervalle maximal de 3 km.

- **Accotement :**

Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) bordée à l'extérieur d'une berme.

- **Zone de sécurité :**

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m, doit être isolée par une clôture métallique.

- **La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :**

La **B.A.U** facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, L'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une sur largeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la **B.A.U**.

- **La berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de Sécurité, signalisation verticale...).

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

- **Le fossé :**

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

7.4. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

7.4.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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

7.4.2. Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 m.

7.5. Profil en travers au droit des ouvrages d'art :

Au droit de tout ouvrage d'art courant, les voies de circulation, les B.A.U et les bandes dérasées conservent la même largeur qu'en section courante.

Pour un passage supérieur, le choix du type d'ouvrage (nombre, position et largeur des piles) nécessite d'en intégrer les conséquences quant aux éléments du profil en travers. Par ailleurs,

l'ouvrage doit dégager une hauteur libre de 4,75 m au minimum en tout point de la largeur rouable de l'autoroute.

En outre, une revanche – habituellement de 0,10 m – est réservée pour permettre un rechargement ultérieur de la chaussée. La hauteur libre d'une structure légère (passerelle piétons, portique de signalisation...) est majorée de 0,50 m.

Pour notre projet, nous avons implanté une hauteur libre de 4,75 m en tout point de la largeur rouable de l'autoroute.

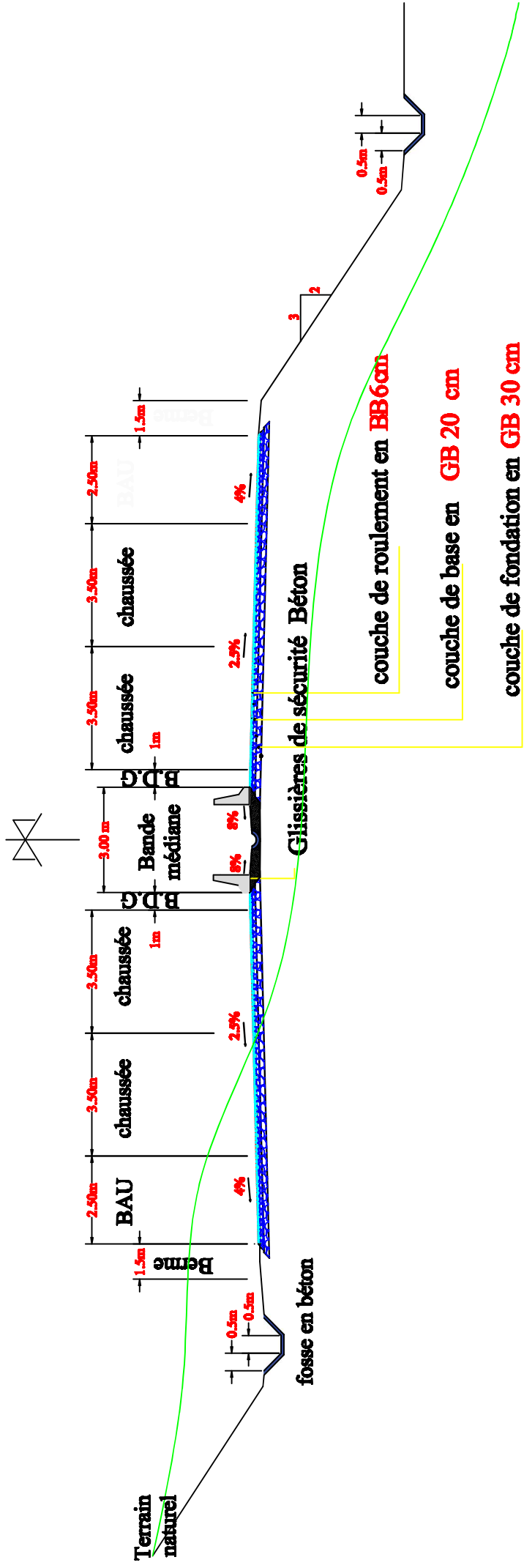
7.6. Le profil en travers type pour le projet :

Le profil en travers type considéré pour la section courante des hauts plateaux, comprendra **2voies** dans chaque sens, une terre plein central (TPC), des bandes d'arrêt d'urgence à droite et gauche et des bermes.

Le profil en travers aura une largeur de plate-forme, composée comme suit :

- Terre plein central (TPC) de **5m**, composé de deux bandes dérasées de gauche(BDG) de **1m**, et une bande médiane de **3m**.
- Deux chaussées de **7m** (une chaussée par sens avec 2voies de3.5m).
- Deux bandes d'arrêt d'urgence (BDG) de **2.5m**.
- Deux bermes de **1.5m**.
- Les alignements linéaires et les rayons non déversés ont une pente transversale de **2.5%** vers l'extérieur.

PROFIL EN TRAVERS TYPE 2X2 VOIES



This is trial version
www.adultpdf.com

8.1. Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les Profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (**les cubatures des terrassements**).

8.2. Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

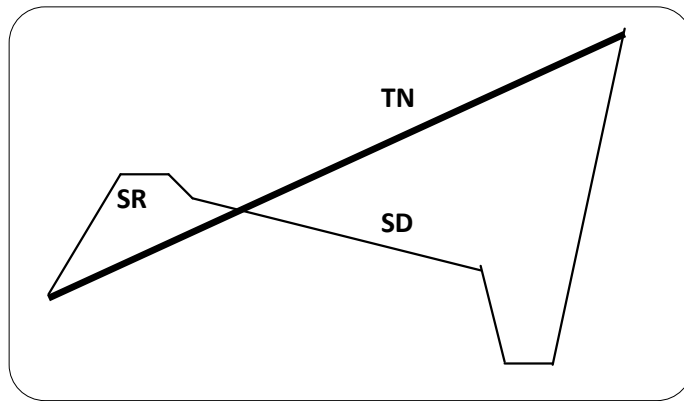
Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

8.3. Les méthodes de calcul :

Il y a plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi les quelles nous citerons :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne : (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

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



TN : terrain naturelle, SD : surface déblai, SR : surface remblai

8.4. Description de la méthode :

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux

profils successifs par la formule suivante : $V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S)$

H : hauteur entre deux profils.

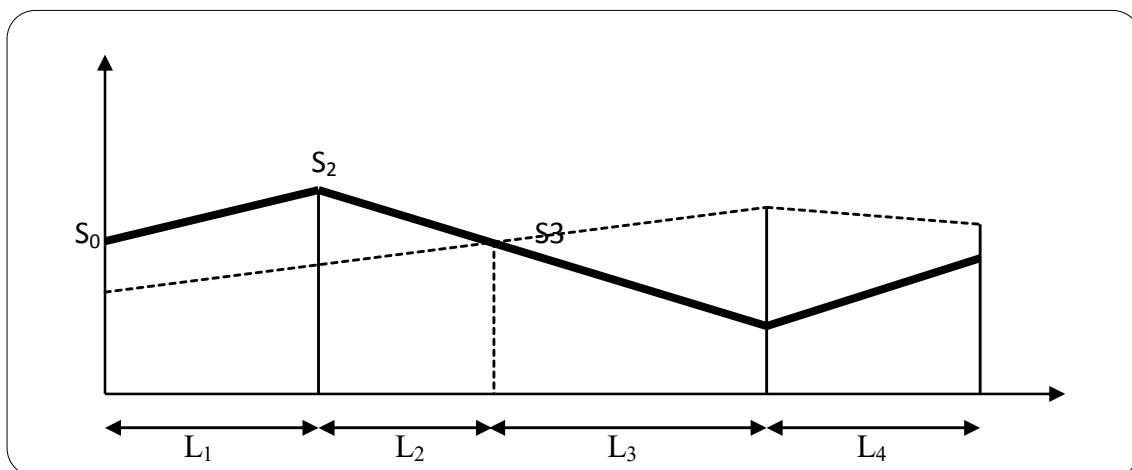
S0 : surface limitée à mi- distances des profils.

S1 : surface de profil en travers P1.

S2 : surface de profil en travers P2.

8.5. Exemple d'application :

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



Le volume compris entre deux profils en travers P_i et P_{i+1} de section S_i , S_{i+1} égale à

$$V_i = \frac{L_i}{6} \times (S_i + S_{i+1} + 4S_m)$$

Pour un calcul plus simple, on considère que : $S_m = \frac{S_i + S_{i+1}}{2}$

- Entre P1 et P2 : $V_1 = L_1 \times \left(\frac{S_1+S_2}{2}\right)$
- Entre P2 et PF : $V_2 = L_2 \times \left(\frac{S_2+0}{2}\right)$
- Entre PF et P3 : $V_3 = L_3 \times \left(\frac{0+S_3}{2}\right)$
- Entre P3 et P4 : $V_4 = L_4 \times \left(\frac{S_3+S_4}{2}\right)$

Le volume total : $V=V_1+V_2+V_3+ V_4$

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

8.6. Calcule des cubatures de projet :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel **PISTE 5.05** et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

9 ETUDE GEOTECHNIQUE

9.1. Introduction :

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol ou sera implanté notre aménagement. Pour cela, on effectue dans le sol des prélèvements et des excavations qui permettent de renseigner sur la nature des terrains. On réalise ensuite des essais sur les prélèvements au laboratoire, pour obtenir les caractéristiques physiques et mécaniques des terrains, qui vont supporter les charges apportées par les différentes couches de la chaussée.

Le concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra, de dimensionner la chaussée.

9.2. Les moyens de reconnaissance :

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

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

a) L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont une source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

b) Les visites de site et Les essais in- situ :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations in-situ permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

c) La reconnaissance in-situ :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance in-situ en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis. Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

-Les forges :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

-Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétration sont utilisés :

- Pénétrömètre dynamique.
- Le standard pénétrömètre test ou STP.
- Pénétrömètre statique.

-Essai pressiométrique :(NF P94-110)

L'essai pressiométrique est un essai de chargement du sol en place.il consiste à dilater radialement au sein du sol une sonde cylindrique et à déterminer la relation entre la pression appliquée sur le sol selon un programme de chargement imposé et le déplacement de la paroi de la sonde.

Les essais ont été faits à l'aide d'un pressiomètre du type Ménard.

d) Les essais de laboratoire:

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée.

Elles sont classées sous deux groupes : essais d'identification et essais mécaniques.

• Les essais d'identification des sols :

-Teneur en eau naturelle : (NF P 94-050)

La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

La teneur en eau est donnée par la formule : $\omega = W_w/W_s$.

-**Masse volumique** : (γ) est la masse d'un volume unité de sol: $\gamma = W/V$

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

-**Analyse granulométrique** :

Est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

-**Limites d'Atterberg** : (NF P 94-051 ou NF P 94-052-1)

Les Limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance :

Limite de liquidité (WL): caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.

Limite de plasticité (WP): est caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide.

L'indice de plasticité (IP): différence entre la limite de liquidité et de plasticité $IP = WL - WP$.

On obtient la représentation suivante :

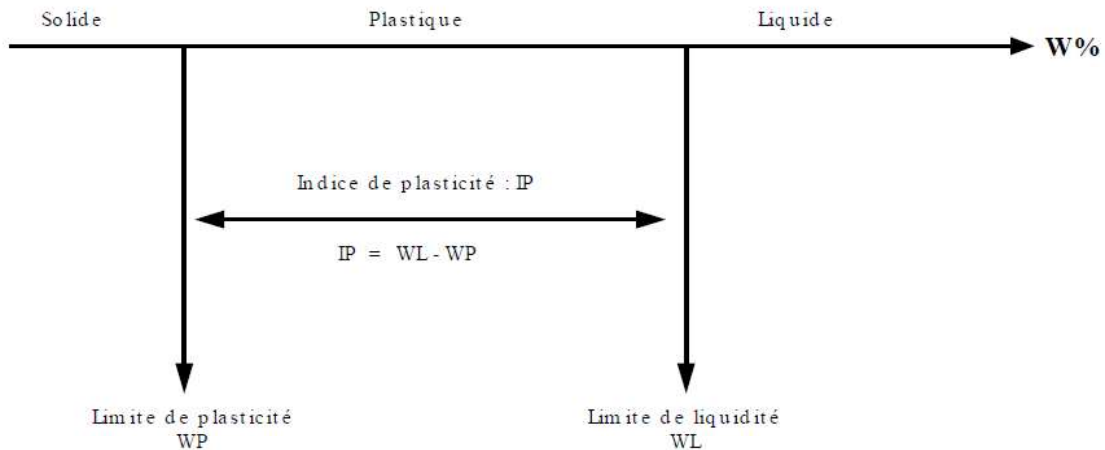


Figure.9.1. Limites d'atterberg

-**Équivalent de sable** : (NF P 18-598)

L'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm. Il caractérise la pollution d'un sable par de l'argile ou du limon.

L'équivalent de sable est donné par la formule ; $E_s = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$

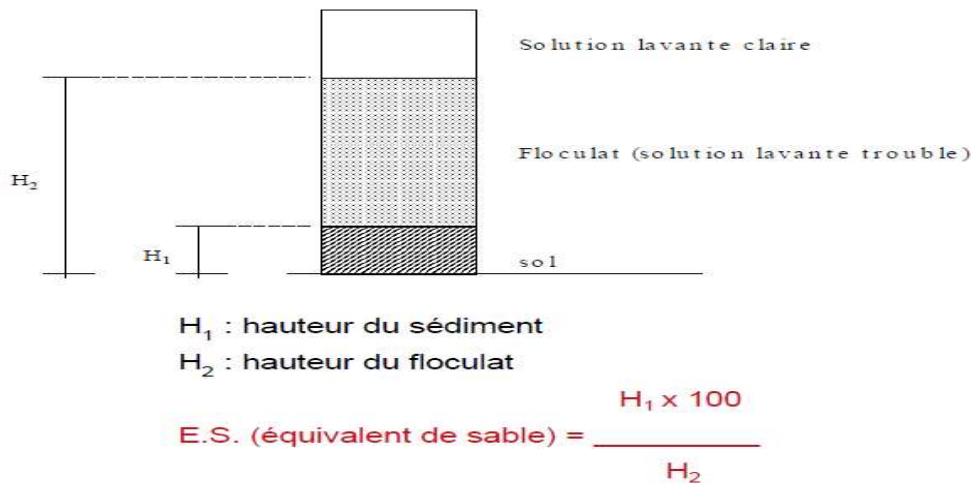


Figure.9.2.équivalent de sable.

-Essai au bleu de méthylène dit «à la tache» : (NF P 94-068)

Cet essai permet de caractériser la fraction argileuse contenue dans le sol. L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par le matériau. Cette quantité absorbée noté VBs dépend directement de la surface spécifique des grains d'argile qui est elle même liée à la nature de ce dernier.

- **Les essais mécaniques :**

-Essai Proctor normal et : (NF P 94-093)

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol,

Cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée ((optimum PROCTOR)).

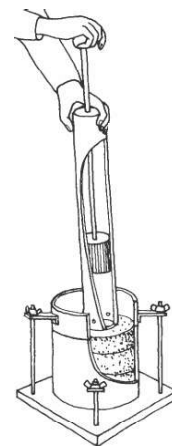
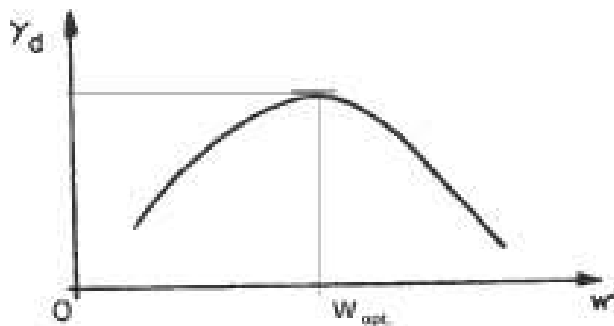


Figure.9.3. essai de Proctor.

L'essai CBR: (Californian Bearing Ratio) (NF P 94-07)

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifier) avec 3 énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours.

-Essai Los Angeles : (NF P 18-573)

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements.

-Essai Micro Deval : (NF P 18-572)

L'essai Micro-Deval permet de mesurer la résistance à l'usure des roches. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

L'essai consiste à mesurer l'usure des granulats produite par frottement réciproques dans un cylindre en rotation dans des conditions bien définies.

9.3. Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

- Pierre de dimension **>80mm**.
- Matériaux plastique $I_p >20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés. Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

10 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

10.1. Introduction:

Les qualités que doit présenter une chaussée moderne sont très nombreuses les plus importants pour l'usager sont : le confort et la sécurité.

La sécurité est assurée si le conducteur peut freiner à tout instant.

Le confort sera parfait, si le profil de la chaussée est exempt de toute irrégularité, qui risquerait d'engendrer des oscillations verticales incommodes à la carrosserie ou aux roues. On dit que la chaussée est durable lorsqu'elle conserve ses caractéristiques de confort et de sécurité dans les mêmes conditions durant de nombreuses années, sous l'effet du trafic et des conditions climatiques.

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

Du point de vue comportement mécanique de la chaussée, on distingue principalement trois (03) types de chaussées qui sont :

- Les chaussées souples.
- Les chaussées rigides.
- Les chaussées semi-rigides.

10.2. Rôles des différentes couches d'une structure chaussée :

10.2.1. Chaussée souple :

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

- **La couche de surface :** ou couche de roulement

Elle est constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné qui doit résister aux efforts tangentiels des pneus et assurer l'adhérence et l'imperméabilisation de la chaussée.

- **La couche de base :**

Elle a pour objectif de résister aux efforts verticaux et de répartir sur le terrain les pressions

qui en résultent.

Elle est constituée d'un matériau ou traité ayant de bonnes caractéristiques mécaniques.

- **La couche de fondation :**

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et coût.

- **La couche de forme :**

La couche de forme est la surface de terrain préparée, sur laquelle est édifiée la chaussée. Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur une certaine épaisseur le sol naturel par un sol de meilleure qualité sélectionné à cet effet. On constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du sol support en permettant entre autres la circulation d'engins de chantiers.

10.2.2. Chaussée rigide :

Une chaussée est dite rigide si elle comporte une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple.

Généralement, elle repose sur une couche de fondation en matériau non traité et éventuellement sur une sous-couche entre la couche de fondation et le terrain naturel.

10.2.3. Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de Base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné.

10.3. Méthodes de dimensionnements :

Concevoir une chaussée revient à définir la qualité des matériaux et l'épaisseur des couches tout en se référant aux moyens et matériaux disponibles.

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Le corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes suivantes :

- Méthode CBR.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP.

10.4. Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée, on a utilisé deux méthodes :

10.4.1. Methods CBR (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi-empirique, elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant les éprouvettes de (90 à 100°) de l'O.P.M.

L'épaisseur des chaussées est donnée en fonction de chaque force appliquée, en note l'enfoncement du piston dans le sol point par point après en obtient la courbe contraintes-déformation, l'indice portant CBR est égal à la plus grande valeur des deux rapports $p(2.5)/0.7$ et $p(5)/1.05$ représentent respectivement la pression donnant un enfoncement de 2.5mm et de 5mm.

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée, correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égal à 1

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Avec : **P** : Charge maximale par roue $P = 6,5$ t (Essieu = 13 t).

N : Nombre moyen journalier des véhicules $> 1,5$ t à l'année horizon à vide.

ICBR : Indice CBR (sans unité).

Log : Logarithme décimal (de base 10).

Eeq : Epaisseur équivalente en cm.

L'épaisseur calculée doit être convertie en la devisant par les coefficients d'équivalence données dans le tableau ci- après ;

Pour les qualités différentes, il faudra utiliser le coefficient (**ei**), tel que :

$$E_{eq} = \sum a_i e_i$$

ai : Coefficient d'équivalence de chacun de matériau à utiliser.

ei: Épaisseur réelle.

Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Tableau.10.1. Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave ciment –grave laitier	1.5
Grave bitume	1.2 à 1.7
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.2
Sable	0.5
Tuf	0.6

• **Application numérique**

$$TJMA2037 = 19755v/j \quad , \quad PL=28\%.$$

$$N (PL) = TJMA2037 \times 0.28 \times 0.9/2$$

$$N (PL) = 2490 \text{ PL}/j/se$$

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log \frac{2490}{10})}{12 + 5} = \mathbf{36cm}$$

Cette méthode considère que la chaussée est constituée d'un même matériau, soit donc l'épaisseur obtenue par cette méthode est celle d'une chaussée entièrement réalisée en grave propre (grave de référence de coefficient d'équivalence égal à l'unité).

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériaux divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence qui permettent de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle constituée de plusieurs matériaux.

$$D'où \quad E_{eq} = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$$

e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation

a_1, a_2, a_3 , coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1, e_2, e_3

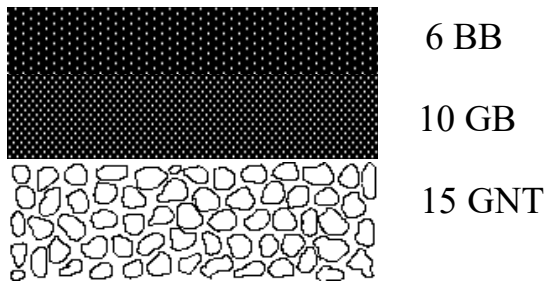
$$e_1 = 6 \text{ cm en béton bitumineux (BB)} \rightarrow a_1 = 2,0$$

$$e_2 = 10 \text{ cm en grave bitume (GB)} \rightarrow a_2 = 1,5$$

$$e_3 = ? \text{ cm en Grave concasse (GC)} \rightarrow a_3 = 1,0$$

$$\rightarrow e_3 = 15 \text{ cm}$$

Comme indique la figure suivante.



10.4.2. Méthode du catalogue algérien :

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- **Détermination du type de réseau :**

On a : TJMA2017 de tous les axes= **9016v/j** > 1500v/j.

Donc on est dans le réseau principal de niveau1 (**RP1**)

- **Les données climatiques :**

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistance, c'est-à-dire température équivalente θ_{eq} , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

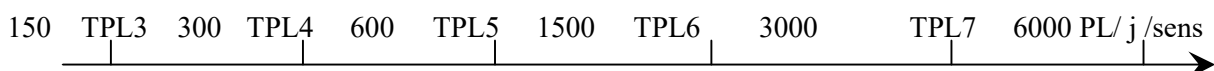
La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site d'après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) », le site de projet est classé en **ZONE II**.

Tableau.10.2. Choix des températures équivalentes (fascicule N° 2)

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20°C	25°C	30°C

Donc on prend une température équivalente égale à **20°C**.

- **Classe TPLI**



Durée de vie : **20 ans**,

Taux de d'accroissement : **4 %**.

TJMA2017 =**9016/j**.

$$TPL_{2017} = 9016 \times 0.28 \times 0.9 / 2 = 1136 \text{ PL/j / sens.}$$

Donc $TPL = 1136 \text{ PL/j / sens.}$

Pour notre projet, le trafic est classé en **TPL5**

- **Détermination de la portance de sol support de chaussée :**

Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classe de sols :

Tableau.10.3. Classes des portances des sols (C.T.T.P.)

Classe de sol support	S3	S2	S1	S0
Module (Mpa)	25-50	50-125	125-200	>200

CBR =12, et la portance de sol: **S2**

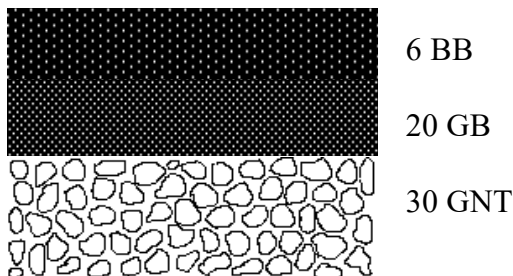
Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de portance de sol supports à savoir : S3, S2, S1 et S0. Les valeurs des modules indiquées sur ;

Tableau.10.4. Ci-dessous on été calculées à partir de la relation empirique suivante

Portance (si)	Indice CBR
S1	25 – 40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

$$E = 5 * CBR = 5 * 12 = 60 \longrightarrow \text{S2}$$

D'après le classement donnée par catalogue des chaussées neuves (ficher techniques de dimensionnement), on chosée : **6BB+20GB+30GNT**



10.5. Vérification de la structure suivante : 6BB + 20GB + 30GNT

Selon les 3 fascicules de catalogue on a :

- Importance du projet routier : Réseau Principal de Niveau 1 (**RP1**).

- Durée de vie : $n = 20$ ans.
- Année de mise en service : **2017**.
- Trafic : $TPLi = 1136$ PL/J/sens.
- Taux de croissance : $\tau = 4$ %.
- Coefficient d'agressivité PL : $A = 0,6$.
- Risque de calcul : $r = 10\%$. (Tableau : 5; fascicule : 2).
- La zone climatique: **II**. (Tableau : 7 ; fascicule : 2).
- $\Theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$ (Tableau : 8 ; fascicule : 2).
- Sol support : CBR= 10 Classe : S2.
- $ESOL = 5 \times CBR = 5 \times 12 = 60$ Mpa.
- Coefficient de poisson = **0,35**.
- Condition aux interfaces : Toutes les couches sont collées.
- Coefficient de calage : $kC = 1,3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2).
- Dispersion sur la loi de fatigue : $SN = 0,45$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2).
- Dispersion sur les épaisseurs (en cm) : $Sh = 3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2).
- Pente de la fatigue : $b = 0.146$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2).
- Coefficient $c = 0,02$.
- Fractile de la loi normale : $t = -1,282$ (Tableau : 16 ; fascicule : 2).
- Module complexe du matériau bitumineux à 10°C : $E(10^\circ\text{C}) = 12500$ Mpa
(Tableau : 13 fascicule : 2).
- Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente :
 $E(\Theta_{eq} = 20^\circ\text{C})$ GB=7000 Mpa. BB=4000 Mpa (Tableau : 13; fascicule : 2)
- Déformation limite: $\Theta(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) = 100 \cdot 10^{-6}$ Mpa. (Tableau : 13 ; fascicule : 2)

Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} \times 365 \times A = 1136 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 \times 0.6$$

$$= 7.4 \cdot 10^6$$

- $TCEi = 7.4 \cdot 10^6$

Modélisation de la structure de chaussée :

$E_{sol} = 60$ Mpa, $\gamma = 0,35$.

$E_{GNT} = 2.5 \times E_{sol} = 150$ Mpa, $\gamma = 0,25$.

$E_{base} = E_{GB} = 7000$ Mpa, $\gamma = 0,35$.

$E_{roulement} = E_{BB} = 4000$ Mpa, $\gamma = 0,35$.

Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z,ad}$:

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times TCEi^{-0,235}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times (7.4 \times 10^6)^{-0,235} = 534 \cdot 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 5.34 \times 10^{-4}$$

Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t, ad}$ à la base se la GB :

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_6(10^\circ C, 25HZ) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents par la chaussée.

$$k_{ne} = (TCEi / 10^6)^b = (7.4 \times 10^6 / 10^6)^{0.146} = 0.746$$

$$k_{\theta} : \text{facteur lié à température} \quad ,k_{\theta} = \sqrt{E(10^\circ C) / E(\theta_{eq})} = \sqrt{\left(\frac{12500}{7000}\right)} = 1.33$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(c \times \frac{s_h}{b}\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02 \times 3}{0.146}\right)^2} = 0.609$$

$$k_r : \text{facteur lié au risque et dispersions} \quad ,k_r = 10^{-t_b \delta} = 10^{-(0.609 \times 0.146 \times 1.282)} = 0.77$$

$$\epsilon_{t, ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.746 \times 1.33 \times 0.77 \times 1.3 = 0.993 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{t, ad} = 99.3 \times 10^{-6}$$

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées selon la méthode rationnelle Lcpc-sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran, sans nom
 - titre de l'étude : atouroute TIARET
- données Chargement :
 - jumelage standard de 65 kN
 - pression verticale : 0,6620 MPa
 - rayon de contact : 0,1250 m
 - entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{déf}$; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :
 tractions principales majeures dans le plan horizontal xoy et
 compressions principales majeures selon la verticale zz ; déflexion maximale

niveau calcul		EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
----- surface (z=0.000) -----					
h= 0,060 m	0,000m	58,1	0,442	4,5	0,658
E= 4000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	28,6	0,342	56,4	0,601
----- collé (z=0,060m) -----					
h= 0,200 m	0,060m	28,6	0,581	16,2	0,601
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,260m	-97,3	-0,916	89,6	0,036
----- collé (z=0,260m) -----					
h= 0,300 m	0,260m	-97,3	-0,006	252,4	0,036
E= 150,0 MPa					
nu= 0,250	0,560m	-105,8	-0,015	163,9	0,017
----- collé (z=0,560m) -----					
h infini	0,560m	-105,8	0,000	289,5	0,017
E= 60,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale = 46,4 mm/100 (entre-jumelage)
 Rayon de courbure = 805,6 m (entre-jumelage)

Tableau.10.5. Résultats de calcul par Alize III :

	Déformations admissibles	Déformations calculées
ε_z sol support	534×10^{-6}	299.9×10^{-6}
ε_t à la base de GB	99.3×10^{-6}	97×10^{-6}

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad} \quad \text{et} \quad \varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$$

10.6. Conclusion :

Tableau.10.6. Les résultats des deux méthodes.

Indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	catalogue
12	6BB+10GB+15GNT	6BB+20GB+30GNT

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importante.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes.

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- Minimiser les coûts d'entretien.
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes (l'orniérage).

11.1. Introduction :

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation .selon le cas, on distingue : pont route, pont-rail, pont canal.

Pour notre projet, on doit édifier un ouvrage en passage supérieure de **la RN40** au **PK 3+450**.

11.2. Conception du pont :

La conception d'un pont doit satisfaire à un nombre d'exigences puisqu'il set destiné à offrir un service à des usagers. On distingue les exigences fonctionnelles qui sont des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement, et les exigences naturelles qui sont l'ensemble des éléments de son environnement influant sur sa conception.

11.3. L'exigence fonctionnelle :

- **Le tracé en plan :**

La longueur de porté du pont est 40m à deux travée et de largeur 10.6m.

- **La ligne rouge :**

-La ligne rouge de la route doit passer par les ouvrages.

-Hauteur de gabarit : **5.25m**.

- **Les trottoirs :**

Les trottoirs ont une largeur de 1.2m. Chaque trottoir doit être équipé d'un garde-corps et d'une glissière de sécurité, leur rôle est de protéger les piétons.

11.4. Choix du type d'ouvrage :

Notre but est déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions (économique et technique).

Les principaux facteurs que influent sur le type d'ouvrage sont :

- La nature du sol.
- Le gabarit à respecter.

- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- Position possible des appuis.

Plusieurs types sont envisagés, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas à la condition imposée. Pour notre cas on propose deux variantes.

- **Première variante pont à poutres multiples en béton armé :**

Ce type d'ouvrages a été largement employé au début. Le tablier est constitué des poutres longitudinales qui sont solidarités entre elles par des entretoises sur appuis en travées, et par un hourdis formant la couche de roulement.

Les avantages et les inconvénients :

Tableau.11.1. les avantages et les inconvénients (poutres multiples en béton armé)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Economique. • Le coffrage des poutres est standard. • Rationnel en cas des tassements différentiels. 	<ul style="list-style-type: none"> • Portée limité à 20m. • Implantation d'une pile massive sur le TPC. • Limitation du gabarit à cause de la hauteur totale demandée par un tablier en BA. • Inconfort au niveau de joint de chaussée. • Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels.

- **Deuxième variante pont à poutres préfabriquées par post- tension :**

La précontrainte est un traitement mécanique qui consiste à utilise des câbles de haute résistance à la traction à la place des armatures passives.

Les avantages et les inconvénients :

Tableau.11.2. les avantages et les inconvénients (poutres préfabriquées précontraintes)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Economique (réduction du nombre de travées).• Maniabilité dans la réalisation.• Rationnel en cas des tassements différentiels.• Procédé de préfabrication qui optimise l'utilisation du coffrage.	<ul style="list-style-type: none">• Technologie couteuse.• Nécessite d'un personnel qualifié pour la mise en tension.• Inconfort au niveau de joint de chaussée.• Sur cout de la précontrainte.

11.5. Conclusion :

En conclusion, on peut dire que le choix le plus adapté à notre cas et qui répond à toutes les exigences se résume en la réalisation d'un pont à poutre multiple en béton armé de deux travées identiques isostatiques de portée de 20m, car :

- Il permet de franchir l'autoroute avec la possibilité d'implanter la pile au niveau du Terre Plein Central.
- La mise en œuvre est plus facile.
- Plus économique.

12 CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

12.1. Introduction :

La conception d'un projet est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût du projet et sur sa durabilité et comme notre projet consiste de conception d'un échangeur au niveau de la RN40 de l'intersection de la ville RECHAIGA avec la RN 40 et autoroute.

12.2. Définition de l'échangeur :

Un échangeur autoroutier est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engager sur une autoroute ou de la quitter soit pour prendre une autre autoroute soit pour emprunter le réseau routier ordinaire.

Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau et également tout ralentissement sur les chaussées principales de l'autoroute.

Un échangeur autoroutier compte au minimum un pont permettant à une autoroute d'enjamber l'autre dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étager sur quatre niveaux différents.

Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute).

On distingue :

- **Nœud** : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- **Mixte** : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

12.3. Rôle d'un échangeur :

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout on évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquent des pertes de temps.

Avantage de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêt qui provoque des pertes de temps considérable.
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assurer la continuité du réseau autoroutier.

Inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pour quoi sont utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour justifiée.

12.4. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

Tout échangeur quelque soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

12.4.1. Pont :

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne pont.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi.
- La condition de coordination profil en long tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.
- Les instructions et réglementation de conception.

12.4.2. Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débite un compromis entre ces conditions doit être recherche.

12.4.3. Bretelles :

Se sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du coté

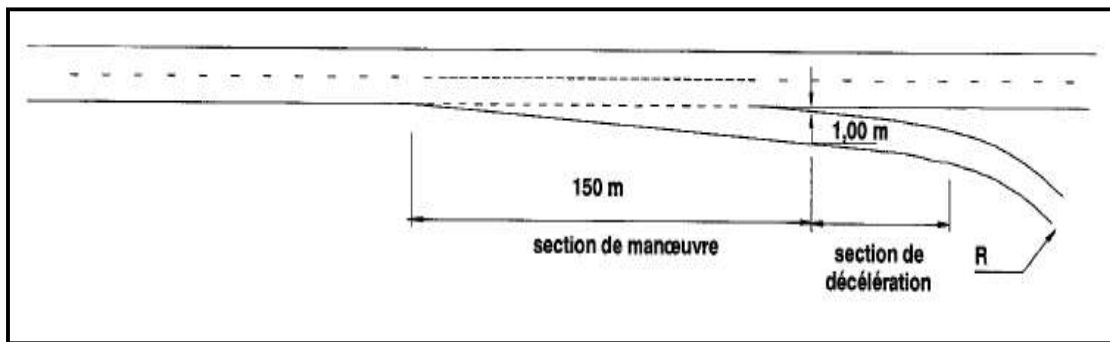
droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses Extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération.

- **La zone de décélération :**

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les **diffuseurs**.

Le dispositif de sortie comporte successivement :

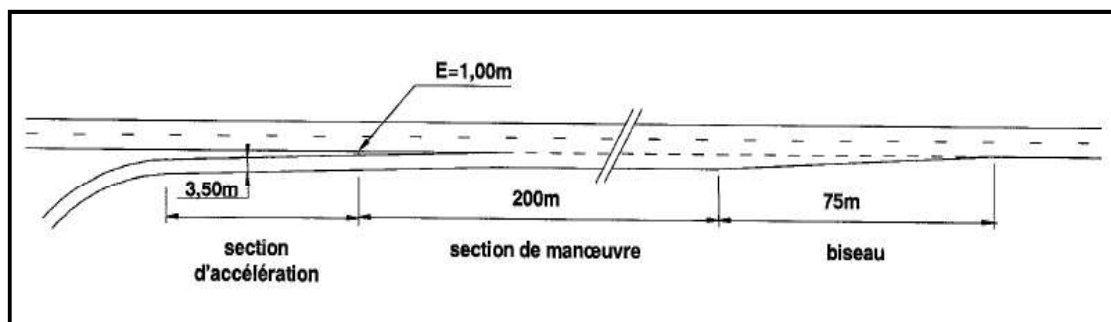
- une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de $1,5 \text{ m/s}^2$.



- **La zone d'accélération :**

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s^2 ;
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de **200 m** et large de **3,50 m**.
- Un biseau long de **75 m**.



12.5. Les différents types de l'échangeur :

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs. Cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue.

Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.

Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

Tous ceux de la première classe se font à niveau séparé tandis que pour la seconde classe, les branchements au niveau de la route secondaire exigent des cisaillements.

- **Echangeurs majeurs :**

L'échangeur majeur raccordement entre autoroute et autoroute sans qu'il y a de cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

- **Echangeur mineur :**

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernant par le raccordement sont :

- Losange.
- Demi-trèfle.
- La trempette.

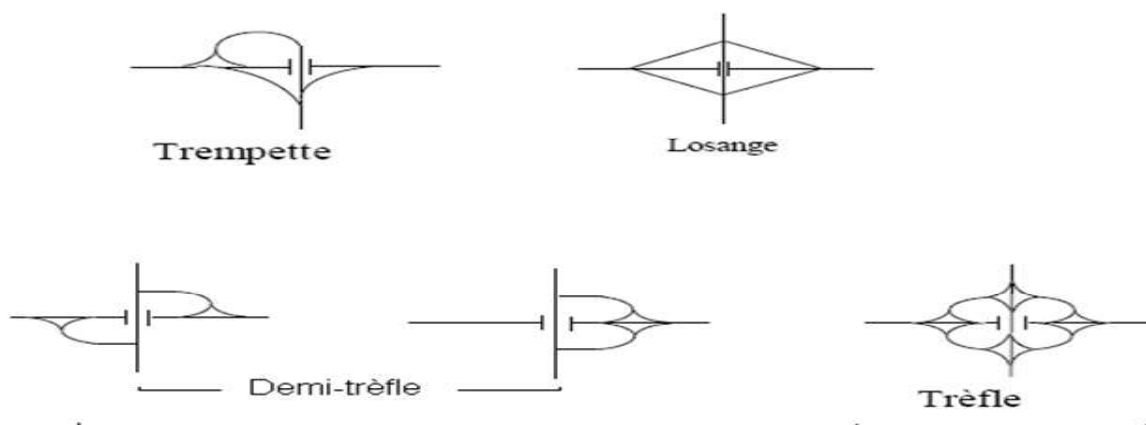


Figure.12.1.les types de l'échangeur.

12.6. Critère de base :

Le type d'échangeur à adopter est fonction de :

- L'intensité de trafic.
- L'importance des différents courants tournant avec leurs volumes de trafic.
- Les contraintes qui peuvent se poser lors de l'étude et au cours de la réalisation (terrain d'implantation).

12.7. Règle de conception :

- Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- Eviter les sites en point haut profil en long.
- Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Eviter les sections à fortes déclivités.
- Les terrassements importants.
- Passage au terrain agricole.

12.8. Choix de l'échangeur :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

12.8.1. Application au projet :

- **Etape 1** : détermination du tracé à partir de :

Terrain :

-Terrain plat.

Types de routes à raccorder :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre La **RN 40** et Autoroute de L'évitement de la ville de **RECHAIGA**.

- L'échangeur et de type : **Echangeur mineur**.

Vitesse sur les bretelles :

D'après B40 :

- La vitesse sur RN40 est 80Km/h.
- La vitesse sur l'évitement est 120Km/h
- La vitesse sur l'échangeur est 40 à 60Km/h.

- On va prendre la vitesse sur les bretelles **VB=40Km/h.**

Distribution du trafic :

- Le croisement est de trois **(3) branches.**
- L'échangeur distribue le trafic dans quatre **(4) directions.**

- **Etape 2** : Configuration du tracé à adopter :

Tracé : Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 40 (Km/h).

- Rmax = 300 (m).
- Rmin = 100 (m).

Voie de décélération :

Longueur de la voie de décélération est de :

- 150 m sur l'autoroute et 115m sur RN40.

Voie d'accélération :

Longueur de la voie d'accélération est de :

- 200m sur l'autoroute et 180m sur RN40.

- **Etape 3** : Analyse :

L'échangeur de la route national- l'autoroute est à 3 branches, pour ce type d'échange nous avons le choix entre ces types d'échangeurs :

- La trempette.
- demie-trèfle.

14.8.2. Etudes des solutions proposent :

Notre conception est basée sur l'état du terrain ainsi que l'étude du trafic de autoroute et son intersection avec la RN40, sans oublier tout de même les contrainst qui s'oppose.

Le résultat de cette conception est :

- **Pour variante 01** :

- Un échangeur trempette avec un giratoire.
- Un passage supérieur la RN40.

Les avantages :

- Faciliter d'insertion d'un grand nombre de branches.
- Modération de la vitesse.
- Amélioration des nuisances.

Les inconvénients :

- Crée un autre pont.
- Coupe la route d'une chaussée séparée qui diminué la fluidité de circulation.

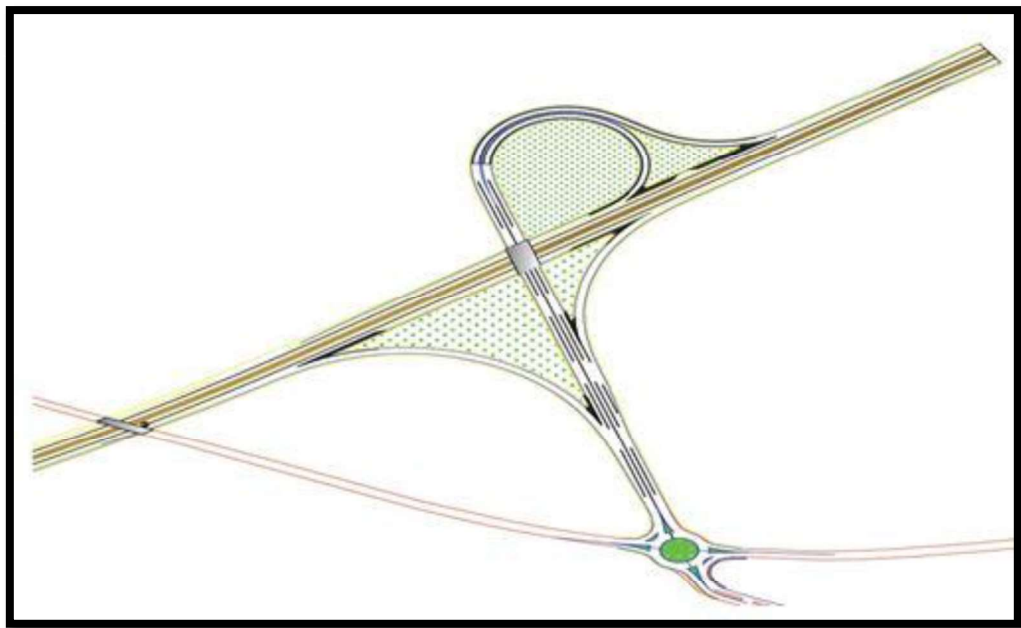


Figure .12.1. Première variante de l'échangeur

Pour variante 02 :

- Un échangeur demi-trèfle avec deux carrefours en T.
- Un passage supérieur la RN40.

Les avantages :

- Coût de réalisation moins élevé (un seul pont).
- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.

Les inconvénients :

- Amélioration des conflits entre les véhicules.
- Imposer à une partie de véhicules circulant sur un grand itinéraire des arrêts des attentes et des démarrages.

-Accidents impliquant un véhicule tournant à gauche heurté par un véhicule en mouvement direct venant en sens inverse.

-démolir les habitations.

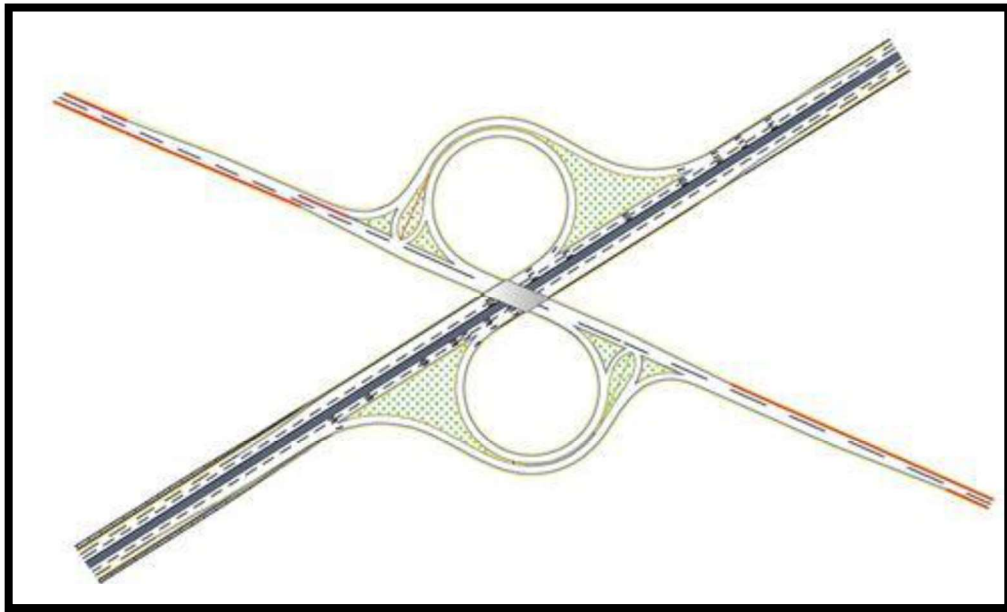


Figure .12.2. Deuxième variante de l'échangeur.

12.9. Carrefour :

12.9.1. Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau. L'aménagement des carrefours tend à permettre que ce courant puisse se succéder :

- Sans risque de collision.
- En réduisant au minimum la gêne causée aux véhicules fréquentant le carrefour.

Données à prendre en compte pour l'aménagement d'un carrefour :

Pour le choix d'un aménagement de carrefour on doit suivre un certain nombre de données essentielles concernant :

- Les caractéristiques du site d'implantation (le trafic et leur évolution prévisible dans le futur, environnement, sécurité)
- Les genres et les causes des accidents constatés dans les cas d'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche pratiquées.
- Des caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.

- Condition topographique.

12.9.2. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour :

Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90(+ou-) 20 afin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.

- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques, les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

12.9.3. La visibilité :

Dans toute zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots. En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

12.9.4. Les carrefours giratoires :

Les carrefours giratoires permettent également de satisfaire ces différentes conditions. Ils sont particulièrement sûrs, mais il convient de ne pas en abuser car cela conduirait à ((hacher)) de façon très gênante les trajets, de plus, être correctement dimensionnés.

12.10. Conclusion :

Notre échangeur va relier l'autoroute à (2x2voies) avec la RN40 à (2voies), la RN40 relier la ville RECHIAGA par HAMADIA, le trafic sur cette liaison est important.

Pour relier ces deux axes routiers nous avons choisi un échangeur mineur de type **Trempe** (**PK 3+775**) pour les raisons suivantes :

- L'échangeur trempe assurer une bonne sécurité aux usagers et offrir une bonne visibilité.
- pour éviter les contraintes existantes.
- Le gain de temps dont vont bénéficier les usagers de cet échangeur car il favorise toutes les directions existantes.

13.1. Introduction

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients que les problèmes d'inondation ; glissement des terrains, ainsi les problèmes d'érosion, stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol. Donc une solution à ses problèmes fut adaptée, c'est de prévoir des dispositions adéquates pour évacuer l'eau loin de la route, l'ensemble de ses travaux porte le nom ASSAINISSEMENT.

13.2. Les dégradations provoquées par les eaux :

- **Pour les chaussées :**

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- désenrayage.
- décollement des bords (affouillement des flancs).

- **Pour les talus :**

- glissement.
- érosion.
- affouillements du pied de talus.

13.3. Objectif de l'assainissement :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le Revêtement de la chaussée.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée, (risque de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- réduction du cout d'entretien.

13.4. Assainissement de chaussée :

La détermination du débouché à donnée aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. Dépond du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussées les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).

- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eaux et dalot).

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

13.5. Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

- **Donnée pluviométrique :**

Les notes sur ces données pluviométriques données en termes de pluies journalières mensuelles annuelles maximales, existantes au niveau de ce tronçon étudié, concernent la station de **RECHAIGA**. Cette station est située à proximité des Pks 85 et les informations suivantes :

- Coefficient de variation ; **Cv=0,5**.
- Exposant climatique ; **b=0,23**
- Hauteur de pluie journalière moyenne ; **Pj=31.17 mm**.

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe : **Qa < Qs**

- **Estimation de débit d'apport Qa :**

$$Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A \quad \text{selon la méthode rationnelle}$$

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

I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

- **Détermination de l'intensité de la pluie I_t :**

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^\beta \quad \text{Avec : } \beta = b - 1$$

I: Intensité de la pluie (mm/h).

T_c : temps de concentration (h).

- **L'intensité horaire I :**

$$I = \frac{P_j}{24} \quad P(j) : \text{Hauteur de la pluie de durée } T_c \text{ (mm).}$$

- **Temps de concentration Tc :**

- $t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$ \Rightarrow Si $A < 5 \text{ km}^2$, selon **VENTURA**.

- $t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$ \Rightarrow Si $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$, **GIANDOTTI**.

- $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}}$ \Rightarrow Si $25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2$: **PASSINI**

A : Superficie du bassin versant (km²).

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

L : Longueur de bassin versant (km).

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

- **Coefficient de ruissellement :**

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

Tableau.13.1. Coefficient de ruissellement C

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0.8 à 0.95	0.95
Accotement ou sol légèrement perméable	0.15 à 0.4	0.4
talus	0.1 à 0.3	0.3
Terrain naturel	0.05 à 0.2	0.2

- **Pluie journalière maximale annuelle Pj :**

Pluie journalière maximale annuelle **Pj** est donné par la formule de GALTON

$$P_j(\%) = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

P_{jmoy} : Pluie moyenne journalier.

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Tableau.13.2. variation de Gauss.

Fréquence(%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	10	20	50	100
Variable de gauss(U)	0.00	0.84	1.28	2.05	2.372

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

Débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

S : section mouillée (m²).

KST : coefficient de STRICKLER - KST = 70 pour les dalots.

-KST = 80 pour les buses.

Rh: rayon hydraulique (m). Rh= S / P.

J: la pente moyenne de l'ouvrage.

13.6. Application au projet :

a) Dimensionnement des fossés :

La section transversale des fossés peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme trapézoïdale et triangulaire.

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K \cdot C \cdot I_t \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

• Calcul de débit d'apport Q_a:

Calcul les surfaces des bassins versant :

Surface de la plate forme := 10.5x1000 = 1.05.x10⁻²Km².

Surface de la berme := 1.5x1000 = 1.5x10⁻³km².

Surface du talus := 2.77x1000 = 2.77x10⁻³km².

• Calcul de précipitation :

D'après la formule de (GALTON) on a :

Pendant 10ans :

U=1.28, C_v=0.5, P_{j moy}=31.17mm

$$(P_j, 10\%) = \frac{31.17}{\sqrt{0.5^2+1}} \cdot e^{1.28 \sqrt{\ln(0.5^2+1)}} = 51.04 \text{ mm}$$

Pendant 50ans :

$$U=2.054, C_v=0.5, P_{j\text{moy}}=31.17 \text{ mm}$$

$$(P_j, 50\%) = \frac{31.17}{\sqrt{0.5^2+1}} \cdot e^{2.054 \sqrt{\ln(0.5^2+1)}} = 73.57 \text{ mm}$$

Pendant 100ans :

$$U=2.327, C_v=0.5, P_{j\text{moy}}=31.17 \text{ mm}$$

$$(P_j, 100\%) = \frac{31.17}{\sqrt{0.5^2+1}} \cdot e^{2.327 \sqrt{\ln(0.5^2+1)}} = 83.69 \text{ mm}$$

- **L'intensité de l'averse pour 1h :**

pour $P_j(10\%)=51.04 \text{ mm}$	$I(10\%) = \frac{51.04}{24} = 2.13 \text{ mm/h}$
pour $P_j(50\%)=73.57 \text{ mm}$	$I(50\%) = \frac{73.57}{24} = 3.07 \text{ mm/h}$
pour $P_j(100\%)=83.69 \text{ mm}$	$I(100\%) = \frac{83.69}{24} = 3.5 \text{ mm/h}$

- **L'intensité de l'averse pour 0.25h :**

Pour le dimensionnement des fossés, on prend un temps de concentration T_c égale à 15min (0.25h) et une période de retour de **10ans**.

$$I_t = I_x \left(\frac{t_c}{24} \right)^\beta = 2.13 \times \left(\frac{0.25}{24} \right)^{0.23-1} = 71.45 \text{ mm/h}$$

D'après les résultats précédents on a :

	Coefficient De conversation Des unités k	Les surfaces A(km ²)	Coefficient De ruissellement C	Intensité de l'averse (mm/h)	Débit Q_{ai} (m ³ /s)	Débit Total Q_a
Chaussée	0.278	$1.05 \cdot 10^{-2}$	0.95	71.45	0.198	0.22
Berme	0.278	$1.5 \cdot 10^{-3}$	0.35	71.45	0.010	
talus	0.278	$2.77 \cdot 10^{-3}$	0.2	71.45	0.011	

- **Débit de saturation(Q_s) :**

Calcul de surface mouillée :

$$S_m = b \cdot h + 2 \cdot \frac{e \cdot h}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n \cdot h$$

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

Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

Calcul le rayon hydraulique :

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

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$$Q_a = Q_s \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$h = \left[\frac{Q_a}{k_{st} \cdot b \cdot \sqrt{I}} \right]^{3/5} \frac{\left(1 + \frac{2h\sqrt{1+n^2}}{b} \right)^{2/5}}{1 + \frac{nh}{b}} = \left[\frac{0.22}{70 \cdot 0.5 \cdot \sqrt{0.001}} \right]^{3/5} \frac{(1 + 4 \cdot \sqrt{2}h)^{2/5}}{1 + 2h} = 0.379 \cdot \frac{(1 + 5.65h)^{2/5}}{1 + 2h}$$

On fixe $b=0.5m$, Et après le calcul itératif on a trouvé la hauteur $h=0.345m$, on prend $H=0.5m$.

b) Dimensionnement de buse :

Pour dimensionner les buses on prend $Q_a = Q_s$, $Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$

Au PK 0+850 :

$A=0,90km^2$; la pente de bassin versants est $P=0.2\%$

$$A < 5km^2 \Rightarrow t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 2.69h$$

$$I(10\%) = 2.13 \text{ mm/h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^\beta = 2.13 \times \left(\frac{2.69}{24} \right)^{0.23-1} = 11.48 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 0.278 \times 0.9 \times 0.2 \times 11.48 = 0.58 \text{ m}^3$$

K_{ST} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = **80** (aux buses préfabriqués).

Pour une hauteur de remplissage égale à 0.5Φ .

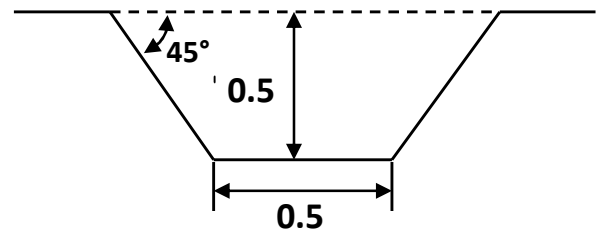


figure .13.1.le fossé retenu

$$S_m = \pi \times \frac{R^2}{2}$$

$$P_m = \pi \times R/2$$

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \times \frac{R^2}{4}}{\pi \times R/2} = \frac{R}{2}$$

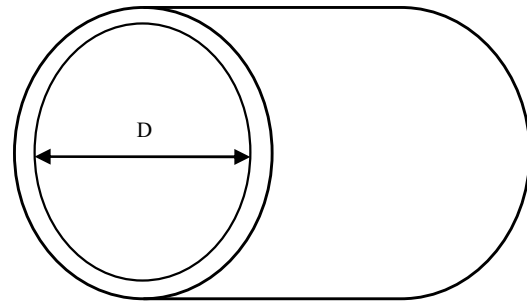


Figure.13.2. La forme de buse

Pour la pente hydraulique des buses « I », on met : I=1% c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} S_m \cdot R_h^{2/3} = 80xi^{1/2} \times (\pi \times \frac{R^2}{2}) \times (\frac{R}{2})$$

$$Q_a = Q_s \Rightarrow R^{8/3} = \frac{3.1748 \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{j}} \Rightarrow R = 375\text{mm} \approx R = 400\text{mm}$$

On prend ; $\Phi = 2R = 800\text{mm}$.

13.7. Tableau récapitulatif des buses :

PK	Bassin versent	Surface(Akm ²)	Types de l'O A	section Φ
0+850	BV1	0.9	buse	$\Phi = 800\text{mm}$
3+850	BV2	0.09	/	$\Phi = 600\text{mm}$
5+125	BV3	0.27	/	$\Phi = 800\text{mm}$
9+350	BV4	0.61	/	$\Phi = 800\text{mm}$

14.1. Introduction :

La signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans une très bonne condition (vitesse, sécurité), il est néanmoins rappelé que:

- Les supports des panneaux de signalisation ne doivent pas empiéter sur les bandes dérasées de droites et de gauche, ils sont placés le plus loin possible des surfaces accessibles aux véhicules.
- Les supports de portiques, potence etc. doivent être généralement isolés par des glissières de sécurité.

14.2. L'objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

14.3. Catégories de signalisation :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

14.4. Règle à respecter pour la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).

- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

14.5. Types de signalisation :

14.5.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

- **Signaux de danger :**

Panneaux de forme **triangulaire**, ils doivent être placés à **150 m** en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

- **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme **circulaire**, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

- **Signaux à simple indication :**

Panneaux en général de forme **rectangulaire**, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

- **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

14.5.2. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marquages sur chaussées qui sont employées pour régler la

circulation.

- **Marquage longitudinal :**

Lignes continue : les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

Lignes discontinue : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur parodique de **13 m**. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau.14.1. modulation des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur de trait(m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport plein/vide
T ₁	3	10	environ
T' ₁	1.5	5	1/3
T ₂	3	3.5	environ
T' ₂	0.5	0.5	1
T ₃	3.5	1.33	environ
T' ₃	20.0	6.00	1

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

-U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

-U=6cm sur les routes et voies urbaines.

-U=5cm sur les autres routes.

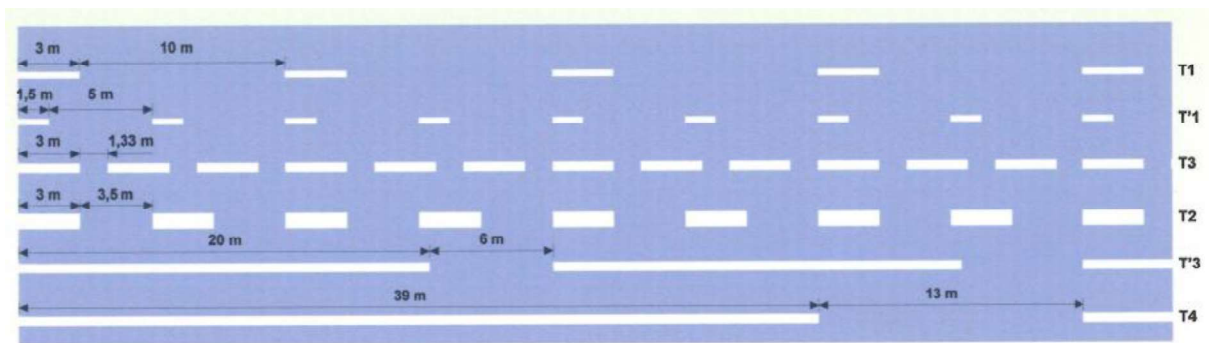


Figure.14.1. modulation des lignes discontinues.

T1 2U : ligne axiale.

T2 3U : ligne de rive.

T3 2U : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

- **Marquages transversales**

Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

- **Autre signalisation :**

- Flèche de rabattement.

- Flèche de sélection unidirectionnelle.

- Flèche de sélection bidirectionnelle.

- Marquage d'ilot.

- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'appel d'urgence

14.6. Application au projet:

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

- **Signalisation verticale :**

Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).

Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).

Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).

Panneaux de signalisation d'obligation (type D).

Panneaux de pré signalisation (type G1).

Panneaux de signalisation type (E3 E4).

Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).

Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

Panneaux indication de sortie (type SC7).



C5 hauteur de gabarie



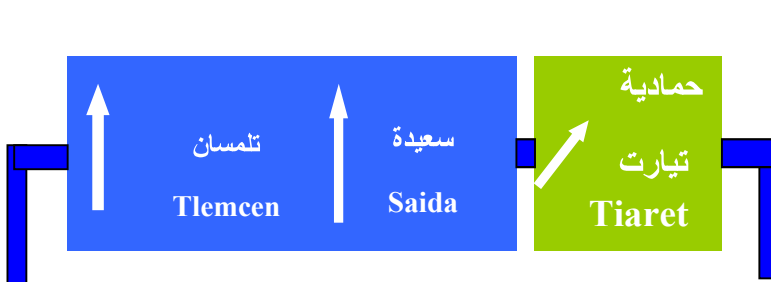
Limitation de la vitesse (C11-a)



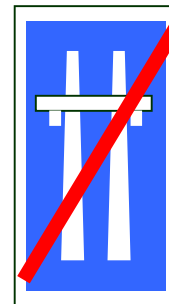
B1



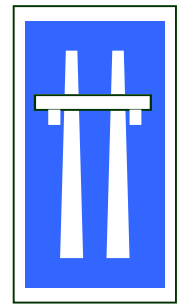
B2b



Panneau de signalisation



Sortie de l'autoroute(E15)



Entre de l'autoroute(E14)



Signalisation de direction (type E4)



• **Signalisation horizontal :**

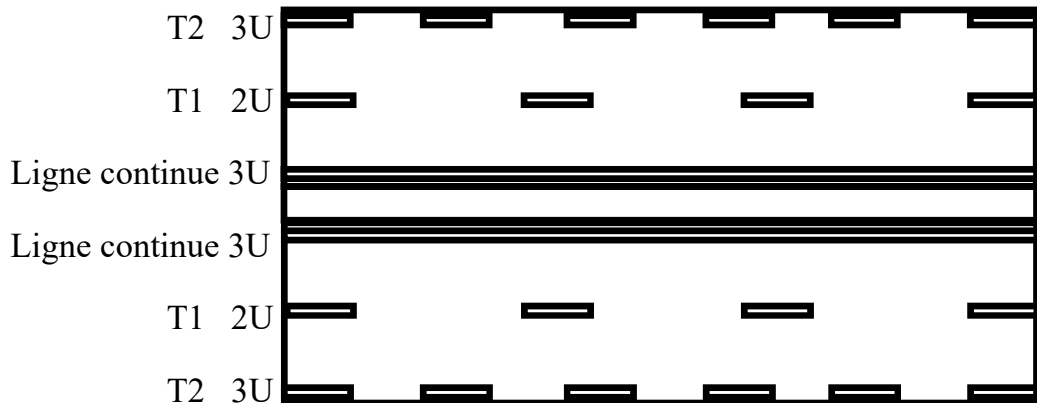
Pour notre projet cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 7.5 \text{ cm}$.

Les types de modulation et largeurs des lignes de signalisation horizontale sont résumées dans le tableau suivant :

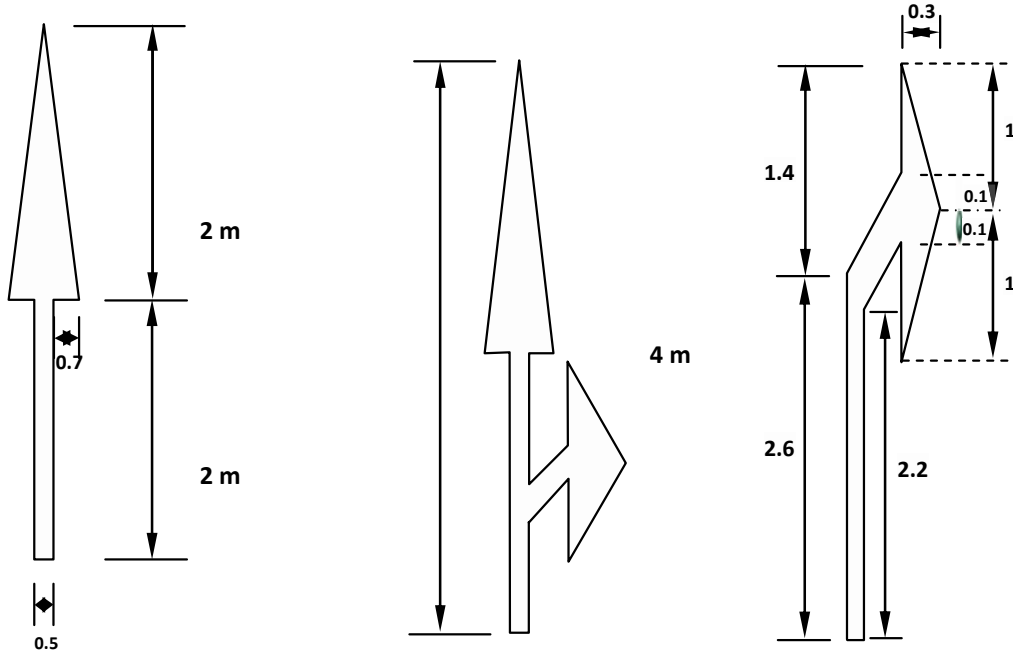
Tableau.14.2. modulations et largeur des lignes horizontales pour notre projet

	Modulation	largeur
Lignes longitudinales		
Ligne de délimitation du TPC	continue	3U 22.5cm
Ligne axiale ou de délimitation de voies	T1	2U 15cm
Ligne de rive	T2	3U 22.5cm
Ligne de délimitation des voies de décélération et d'accélération	T2	5U 37.5cm
Ligne délimitant la bande d'arrêt d'urgence BAU	T'3	3U 22.5cm
Lignes transversales		
Lignes de STOP	continue	10U 75cm
Lignes «cédez le passage»	T'2	5U 37.5cm

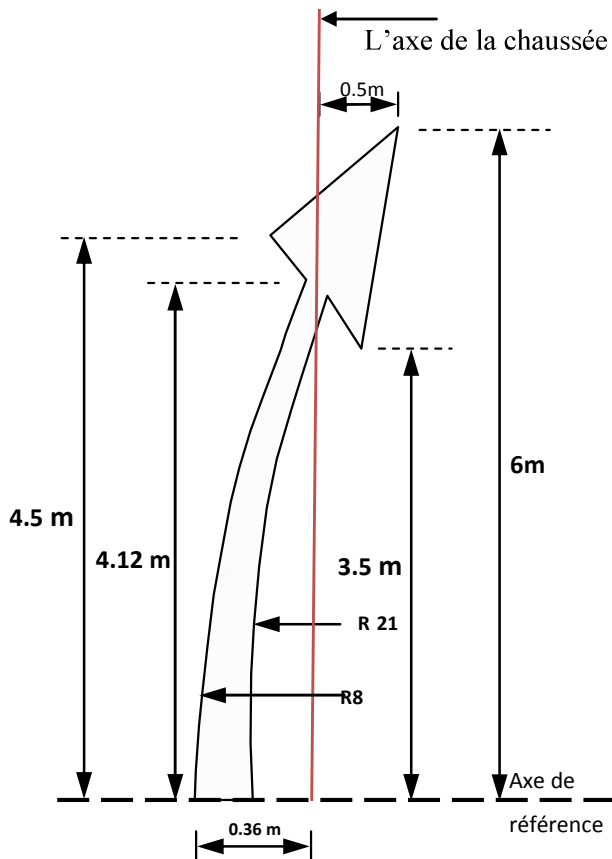
- Lignes discontinue
- Lignes continue



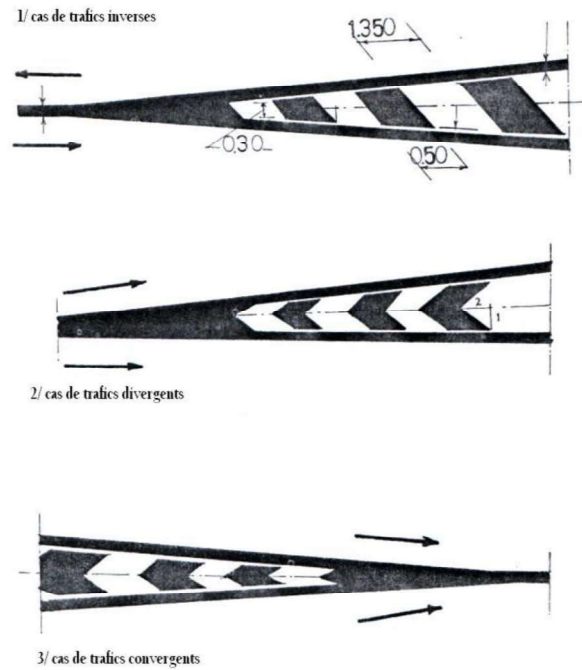
Flèches de sélection



Fleche de rabattement



shémas de marquage par hachures



15 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

15.1. Introduction :

La construction de la rocade des hauts plateaux est une action susceptible de porter atteinte à l'environnement .en effet la fragmentation des écosystèmes, l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

Donc il faut contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce types d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de flore et de la faune.

15.2. Cadre juridique :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1935, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

15.3. Objectifs :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

15.4. Les impacts :

15.4.1. Impact sur l'agriculture :

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et intarissable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

- **Les remèdes :**

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

- **Mesures préventives :**

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux :

- **Mesures curatives :**

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :

- le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- La pris en compte des superficies d'exploitation.
- Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

15.4.2. Impact sur la nature :

- **La faune :**

Lorsqu'une nouvelle infrastructure vient perturber ces cheminements, les animaux cherchent à les rétablir et n'hésitent pas à traverser la voie ce qui occasionne des accidents.

D'abord centrée sur les grands mammifères sauvages sous la pression des milieux cynégétiques, les préoccupations des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des «biologistes de la route», se sont élargies à d'autres groupes faunistiques dans un système d'approche plus globale

L'impact de construction d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

– **La flore :**

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).

– **L'air :**

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et particulaires auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins et des pneus , ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant.la circulation routière est le principale source de CO et contribue largement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines

• **Les remèdes :**

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le **CO₂** (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- Utiliser d'autres modes de transport.
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.
 - Régler le trafic.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.

- **L'eau :**

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

En section courante, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement local, l'évacuation des eaux vers la mer constitue dans la plus part des cas une réponse efficace, tout a fait adaptée au problème posé par ;

- L'épuration des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs,
- Difficilement compatibles avec l'intégration paysagère de la route.

15.4.3. Impact sur les habitants :

Les principaux impacts d'une infrastructure autoroutière sur les habitants sont :

- La destruction.
- La pollution.
- Le bruit.

En outre à ces impacts qui sont difficile, voir impossibles à évaluer, il existe d'autre effets qui leurs sont liés :

- L'effet de bornage d'une ville par projet.
- L'effet de barrière entre deux centres urbains.
- L'effet de destruction au sein des agglomérations.

– La destruction :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Les impacts de destruction concernant :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

Ces impacts sont d'ordre :

- Economique : modification des systèmes de production.
- Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.
- **Le bruit :**

Les impacts :

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue.
- Baisse de l'acuité auditive.

Les remèdes :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

En générale on peut avoir recours à :

- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.
- le maître d'ouvrage compense les déboisements par de nouvelles plantation réalisées à ses frais, et verse des indemnités compensatrices pour les préjudices subis.

15.5. Conclusion :

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception,
- Sa construction,
- Son exploitation.

16 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire DA	Prix Total DA
1	Logistiques du chantier				
1.1	Installation et repliement du chantier (lot route)	forfait	1	200 000 000,00	200 000 000,00
Total partiel 1					200 000 000,00
2	Travaux préparatoires				
2.1	Acquisition de terrain	m ²	272453	500,00	136 226 500,00
Total partiel 2					136 226 500,00
3	Terrassement et couche de forme				
3.1	Décapage de la terre végétale	M ²	65589	350,00	22 956 150,00
3.2	Déblais en terrain meuble mis en dépôt	M ³	8005	450,00	3 602 250,00
3.3	Remblais d'emprunt	M ³	210693	1300,00	273 900 900,00
Total partiel 3					300 459 300,00
4	Chaussée et accotement				
4.1	Couche de fondation en GNT	M ³	64633	2200,00	142 192 600,00
4.2	Couche de base en grave bitume	T	94163	6000,00	564 978 000,00
4.3	Couche de roulement en BB	T	23252	6400,00	148 812 800,00
4.4	Couche d'imprégnation 1,4 kg/m ²	T	297	30000,00	8 910 000,00
4.5	Couche d'accrochage dosé 200 g/m ²	T	43	20000,00	860 000,00
4.6	Matériaux pour accotement	M ³	17556	900,00	15 800 400,00
Total partiel 4					881 553 800,00
5	Assainissement, réseaux et protections hydrauliques				
5.1	Fossés trapézoïdaux	ml	20019	2 500,00	50 047 500,00
5.2	Buse de diamètre 800 mm	ml	108	15 000,00	1 620 000,00
Total partiel 5					51 667 500,00
6	Signalisation				
6.1	signalisation et équipements routiers	forfait	1	5 % total (3+4)	59 100 655,00
Total partiel 6					59 100 655,00
7	Environnement et paysage				
7.1	Impact sur l'environnement	forfait	1	1 % total (3+4)	11 820 131,00
Total partiel 7					11 820 131,00
8	Ouvrage d'art				
8.1	ouvrage d'art	m ²	1060	450 000,00	477 000 000,00
Total partiel 8					477 000 000,00
TOTAL GENERAL				2 117 827 886,00DA	

Conclusion générale

Les informations telles que les données géotechniques, carte géologique et la carte état major sont insuffisantes pour l'élaboration du tracé en plan et du profil en long de la section.

Le tracé de notre tronçon traverse plusieurs zones de faibles pentes ; d'où le risque de stagnation des eaux pluviales. Pour éviter ce phénomène, notre projet passera sur des remblais.

La réalisation de l'autoroute qui évite la ville de **RECHAIGA** permettra de relier l'Ouest à l'Est. Cette route est considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de l'économie de la région de **TIARET**.

Ce projet de route, nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les cinq années de notre formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.

Ce projet de fin d'étude, nous a été favorable dans la maîtrise des logiciels indispensables pour les études géométriques en l'occurrence les logiciels Piste 5.05, Auto CAD et COVADIS (AUTOPISTE).

Bibliographie

- **ICTAAL 2000** : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **ICTAAL2000** : Guide Echangeur.
- **B40** : Normes techniques d'aménagement des routes.
- Normes technique d'aménagement des carrefours dénivelent «**SAETI** normes *IV* 1892».
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « **CTTP** ».
- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 5^{ème} année.
- Cours de **routes** ENSTP 4^{ème} année.
- Cours d'**hydraulique** ENSTP 4^{ème} année.
- Signalisation routière.
- Anciennes mémoires Routes(**PFE**).