

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 sur 7 Km avec
conception d'un échangeur

Proposé par :

ANA

Présenté par :

BELLIL Salah eddine

BOULERIEL Rafiq

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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 Mr : FADI Rachid pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nous remercions vivement nos familles BOULERJEL et BELLIL 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.

Nous remercions les ingénieurs : AMI AMINE, Guerti, Kamel, TAYEB, Bilal, mahdi, ABDELBAKI, HAMID...

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.

DÉDICACES

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux
Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie
du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant
la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.*

Je dédie ce modeste travail à :

*mon cher père **Mohamed** et ma chère mère **Nacéra** qui ont pas
cessés de m'encourager et de sacrifier pour que je puisse franchir
tout obstacle durant toutes mes années d'études, que dieu me les gardes
en très bonne santé,*

Je le dédie aussi à :

Mon oncle hmida et à lhadja ghelmia

Mes frères(diden m'hamed ,abdelkader)et ma sœur Meriem.

Mon beau-frère Abderahman et ma belle-sœur Salima

A mes cousines hanen,sara,lila,fatima

A mes grands-parents lhadj et lhadja

A ceux que j'aime et je respecte:

Ami miloud

Mes tantes et leurs familles

Ami amine et tata wahiba

Mes cousins abdo, mokhtar ...

A la famille dinar

A mon ami d'enfance Aziz

*A mes chers ami(e)s : Brahim, tindi, sofiane, oussama ,imene ,rima et
nawel*

*Celui qui a partagé ce travail avec moi dans les bons et mauvais moments :
à mon binôme Salah*

A toute la promotion 2012 spécialement à mes chers amis :

Youyou

*,zohir,faracha,petit,alaoui,lyes,khachouna,bétit ,bagwandas,degri,fifi,diabl
o,toti...(et la liste ne se termine pas).*

Bouleriel rafiq

بسم الله الرحمن الرحيم

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 ; **Hicham et Djaber***

*A mes chères sœurs : **Sara et Amina***

Et tous mes collègues de l'ENSTP :

*A mon binôme et confrère : **BOULERJEL Rafiq***

A mes amis : djaafar (prince), fethi (khachouna), youcef(bb), zouhir (india), Merouan, Oussama, Alaa, Amine

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.

BELLIL Salah Eddine



SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE_01 : Présentation du projet

1. Introduction.....	2
2. Contexte du projet :.....	4
2.1. Description générale de la section	4
2.2. Description générale de notre tronçon	5

CHAPITRE_02 : Choix du couloir « APS »

1. Introduction.....	6
2. La zone d'étude :.....	6
2.1. Hydrologie et hydrogéologie.....	6
2.2. Type des contraintes.....	8
3. Choix de couloir (APS) :.....	9
3.1. Présentation des variantes.....	9
3.2. Conclusion.....	10

CHAPITRE_03 : Données de base

1. Généralité.....	11
2. Objet de l'ICTAAL et domaine d'application.....	11
3. Conception générale:.....	11
3.1. Normes géométriques.....	12
3.2. Choix de la catégorie.....	12
3.3. Détermination de la vitesse de référence.....	12

CHAPITRE_04 : Étude du trafic

1. Introduction.....	13
2. Analyse du trafic.....	13
a. Les comptages	13
b. Les enquête	14
3. Les données de trafic	15
4. Projection future du trafic.....	16
5. Calcul du trafic effectif.....	16

6. Débit de pointe horaire normale.....	17
7. Débit horaire admissible.....	17
8. Détermination nombre des voies.....	18

CHAPITRE_05 : Tracé en plan

1. Introduction.....	20
2. Tracé en plan.....	20
3. Règles à respecter dans le tracé en plan	20
4. Les éléments géométriques du tracé en plan	21
3.1 Droites	21
3.2 Arc de cercle	21
3.3 Courbes de raccordements.....	21
5. ELEMENTS DE LA CLOTHOIDE.....	22
5.1. Condition de confort	23
5.2. Condition de confort dynamique	23
5.3. Condition de gauchissement	23
6. Enchaînement des éléments du tracé en plan.....	24
6.1. Exemple de calcul de tracé en plan :	24
6.2. Calcul des gisements	25

CHAPITRE_06 : Profil en LONG

1. TRACE DE LA LIGNE ROUGE.....	26
2. ELEMENTS CONSTITUANTS DE LA LIGNE ROUGE	27

2.1 Les alignements.....	27
2.2 Déclivité	27
3. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG.....	28
4. NORMES PRATIQUES DU PROFIL EN LONG	28
5. CALCUL DES ELEMENTES DE PROFIL EN LONG	29
5.1. Détermination de la position du point de rencontre (s)	29
5.2. Calcul de la tangente	30
5.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement	30
5.4. Calcul de la flèche	30
5.5. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe	31
5.6. Calcul des cordonnées du sommet de la courbe	31
6. EXEMPLE D'UN CALCUL MANUAL.....	32

CHAPITRE_07 : Profil en travers

1. Introduction.....	33
2. Profil en travers en section courante.....	33
3. Pentes transversales.....	35
4. Profil en travers type du notre projet.....	36

CHAPITRE_08 : Cubature

1. Généralités.....	38
2. Les méthodes de calcul.....	38
3. Description de la méthode.....	38
4. Application.....	39
5. Calcul des cubatures de terrassement.....	39

CHAPITRE_09 : Étude géotechnique

1. Introduction.....	40
2. Les travaux de reconnaissance	40
2.1. L'étude des archives et documents existants.....	40
2.2. Les différents essais in situ.....	40
2.3. Les différents essais en laboratoire.....	43

CHAPITRE_10 : Etudes de stabilité de talus

1-Introduction.....	49
2-Calcul de la stabilité au poinçonnement	49
2.1- Vérification au poinçonnement.....	49
3-Caractéristique du remblai.....	50
2.2 Conclusion.....	50
4-La vérification du glissement de remblai	50
4.1 Analyse manuelle de stabilité des talus (l'abaque de TAYLOR)	51
4.2 Analyse automatique de la stabilité des talus (logiciel TALREN 4)..	52
4.2.1- Présentation de logiciel du calcul	52
4.2.3- Présentation de logiciel du calcul	52
4.2.3- Résumé des données d'entrée et résultat de calcul	52
5-Conclusion	54

CHAPITRE_11 : Techniques du remblai

1. Introduction.....	55
2. Les limites de la zone inondable.....	55
3. Solution de remblaiement en zones inondables et la protection des talus.....	55
3.1. Technique traditionnelle «les enrochements»	55
3.2. Pré dimensionnement des enrochements de protection.....	58
4. Technique nouvelle « géotextile - géogrid »	60
4.1 Géotextile	60
4.2 Les Géogrids	
5. Les caractéristiques de chaque technique.....	67
6. Conclusion.....	68

CHAPITRE_12 : Dimensionnement du corps de chaussée

1. Introduction.....	69
2. La chaussée	69
3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	72
4. Méthode de C.B.R (California – Bearing – Ratio)	81
5. Conclusion.....	82

CHAPITRE_13: Assainissement

1. Introduction.....	83
2. L'estimation du débit de pointe.....	83
3. Système de drainage longitudinal.....	85
4. Système de drainage transversal.....	87

CHAPITRE_14 : Echangeur

1. Introduction.....	92
2. Définition d'un échangeur.....	92
3. ROLE D'UN ECHANGEUR.....	92
4. AVANTAGE DE L'ECHANGEUR	92
5. INCONVENIENTS DE L'ECHANGEUR.....	93
6. CRITERE DE BASE	93
7. CONDITION A RESPECTER	93
8. TYPES D'ECHANGEURS	93

9. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS	96
10. CRITERES DE CHOIX DE L'ECHANGEUR	97
11. ETUDES DES SOLUTIONS PROPOSENT	99
12. CONCLUSION.....	99
13. DISPOSITION D'IMPLANTATION	99
14. CHOIX DE L'ECHANGEUR	100
15. CONCLUSION DU CHOIX DE TYPE D'ECHANGEUR.....	100
16. Vitesse de référence	101
17. Caractéristiques géométriques des bretelles.....	101
18. Zones de décélération et d'accélération	103
19. Profil en long d'une bretelle	104
20. Profil en travers d'une bretelle	
20.1. Largeur des bretelles	104
20.2. Pente transversale d'une bretelle	104
20.3. Profils en travers types des bretelles	105

CHAPITRE_15 : Signalisation

1. Introduction.....	106
2. Signalisation horizontale.....	106
3. Signalisation verticale.....	109
4. Signalisation de l'échangeur.....	111

DEVIS QUANTITATIF ET ÉSTIMATIF

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTES DES ANNEXES

- ➔ Annexe_01 : Axe en plan et profil en long
- ➔ Annexe_02 : Tabulation
- ➔ Annexe_03 : Volumes de chaussée
- ➔ Annexe_04 : Volumes de terrassement

INTRODUCION GENERALE :

Pour concrétiser les connaissances techniques acquises pendant le cycle de formation, l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics propose à ses élèves ingénieurs l'élaboration des projets de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état des travaux publics.

Parmi les domaines de travaux publics, celui de l'infrastructure routière qui revête une importance particulière dans notre pays, c'est un facteur générateur de développement économique, et il constitue la base de toute opération du développement.

Au cours de ce travail qui s'étend sur trois mois de stage, l'élève ingénieur est appelé à appliquer les connaissances théoriques acquises, et il se met face aux problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers.

Le travail qu'on élaborera consiste à étudier un tronçon autoroutier « la rocade Autoroutière des Hauts Plateaux » sur 7 Kms franchissant une zone inondable avec conception d'un échangeur.

1. Introduction :

La Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux (RAHP) s'inscrit dans les grandes orientations du schéma national d'aménagement du territoire qui retient des efforts importants de développement des hauts plateaux. Elle constituera une infrastructure moderne capable de répondre aux nouvelles demandes de transport et de faciliter les échanges entre les régions des hauts plateaux et d'améliorer les liaisons avec la frange Nord du pays par l'intermédiaire des pénétrantes « Nord-Sud » raccordées à l'autoroute Est-Ouest.

Ce projet routier de grande envergure est vital pour le développement de l'arrière-pays, soulagera les routes du littoral et renforcera le réseau routier national, steppiques et pastorales. Ce nouveau axe va stimuler le tourisme, l'agriculture, l'industrie, le commerce, etc...et réduire par là-même l'exode vers les grandes villes du nord.

Sur un linéaire de 1020KM, il trouve son origine à l'ouest de l'Algérie à la limite de la frontière marocaine à proximité d'elAricha (Tlemcen) en passant par Sidi bel Abbès, Saida, Tiaret, Djelfa, Ain Oussara, M'sila, Biskra, Batna, Oum elBouaghi, Khenchela et Tébessa, pour aboutir à la Bouchebka (frontière tunisienne).

L'administration algérienne a décidé d'achever complètement ces travaux en 2017, ce projet se décomposera en trois lots distincts :

Lot Ouest:-Allant d'EL Aricha à Tiaret, en passant par Saida,Sidi Bel Abbès (longueur total:305km).

Lot Centre:-Allant de Tiaret à Batna, en passant par Boughzoul et AinOussara, ainlahdjel, M'sila. (Longueurtotale:495km).

Lot Est:-Allant de Batna à Tébessa, en passant par Khenchella, Biskra, OumElBouaghi, (longueur total:220).

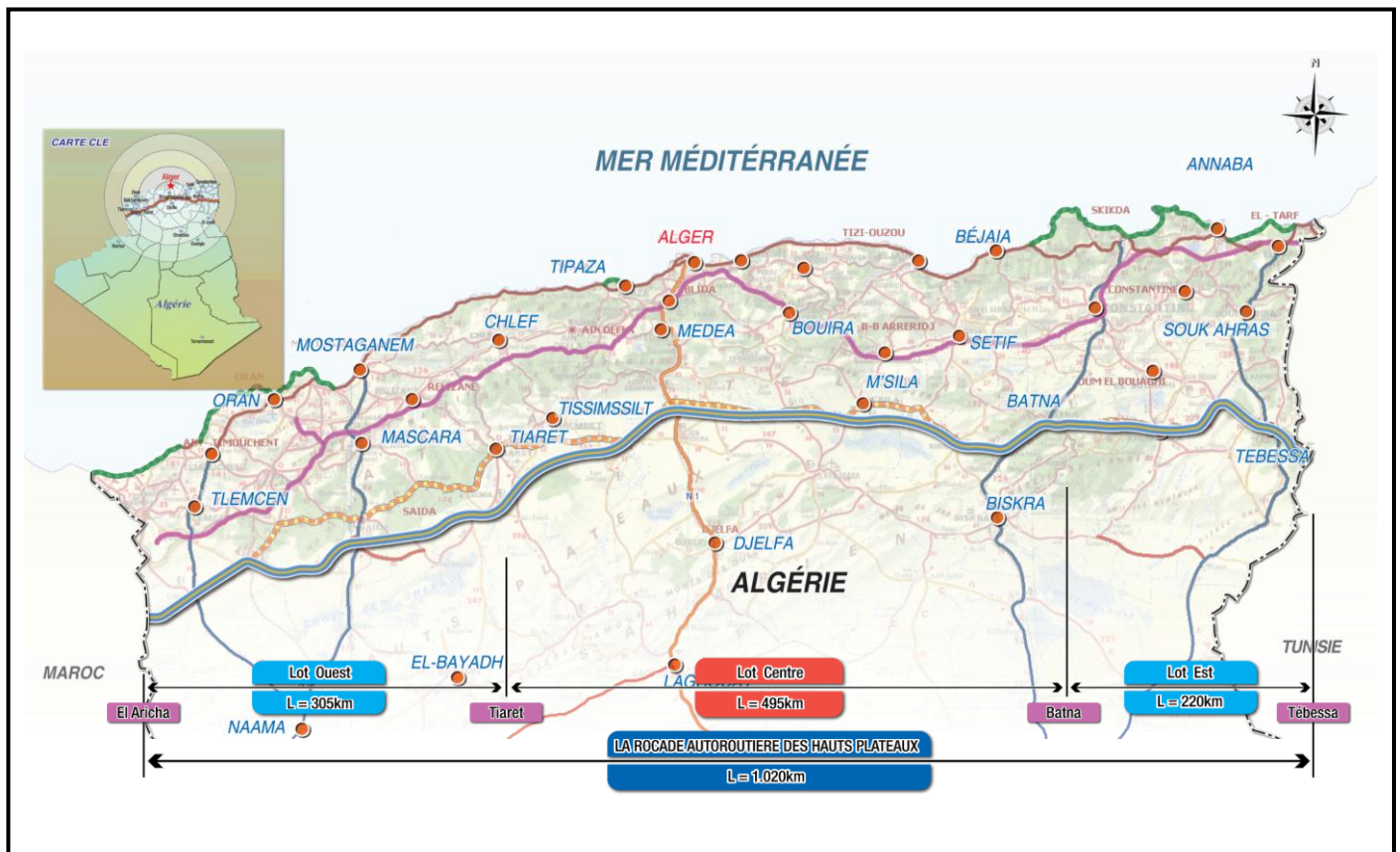


Figure1 : tracé de la rocade Autoroutière des Hauts Plateau

Le lot centre s'étend sur un linéaire de 495 km entre l'est de Médrysa et l'ouest de Batna sur la région des Hauts Plateaux qui s'étendent eux-mêmes du sud de l'Atlas tellien au nord de l'Atlas saharien.

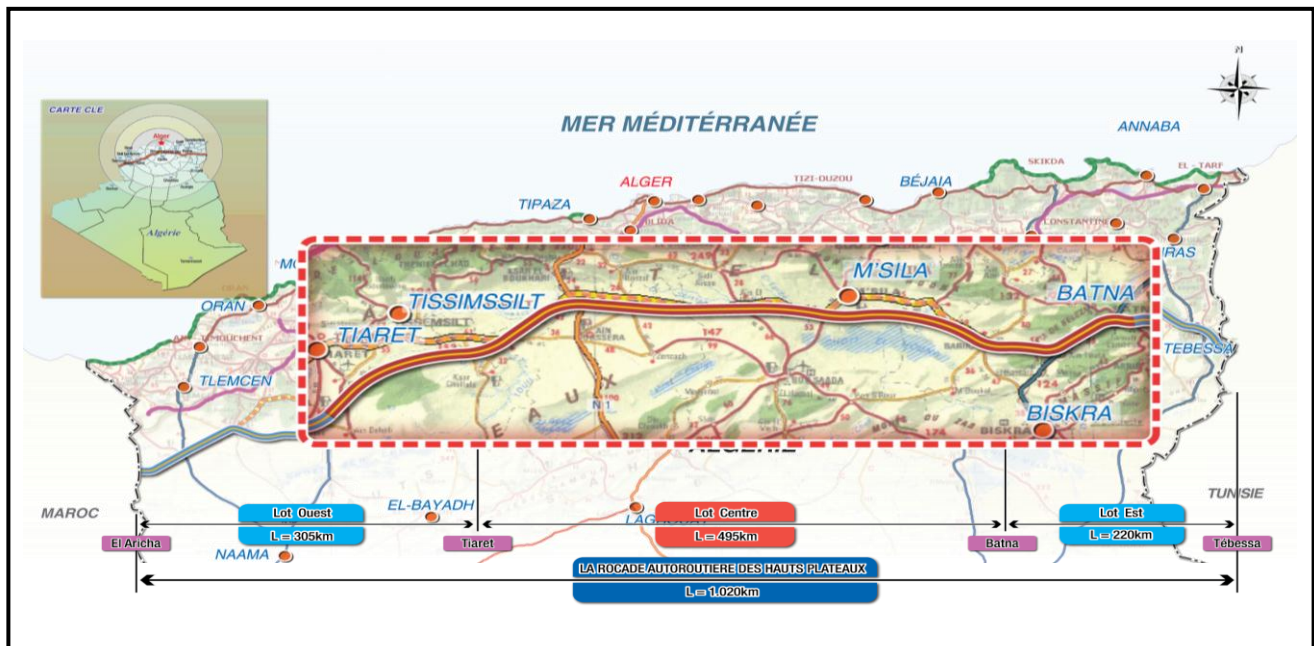


Figure 2. Lot centre

2. Contexte du projet :

2.1. Contexte géologique général :

- **Hauts Plateaux :**

Les régions traversées par les principaux axes du présent projet, se situent entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud, qui s'étendent sur 600 km, de la frontière marocaine vers l'est.

L'altitude de la région occidentale des Hauts Plateaux (Serssou, Tissemsilt) est d'environ 1100 – 1300 m. Elle diminue progressivement en allant vers les chotts de l'Est, de sorte que l'altitude de la région orientale (Hodna, dépression de M'Sila) est d'environ 400 m. L'altitude des plateaux augmente de nouveau en allant vers Batna, jusqu'aux bords de la région montagneuse d'Aurès. On peut observer de temps en temps des crêtes. Les plateaux sont secs, mais contrairement au Sahara, ils sont constitués de dépôts dus à l'érosion des montagnes. Les vallées qui sont dirigées de l'est en l'ouest s'évasent à l'extrémité. Leurs reliefs ne sont pas très prononcés. Les eaux de la surface et les eaux souterraines convergent vers ces vallées, si bien que les eaux prévenantes de l'Atlas tellien et de l'Atlas Saharien ont donné naissance aux chotts dans les plaines basses orientales (ex. Chott Hodna).



Figure3. Morphologie de l'Algérie

- **Wilaya de Médéa :**

Cette région est au centre de l'Algérie septentrionale. Elle est limitée par la chaîne Bouira à l'Est et la chaîne Ouarsenis à l'Ouest. Elle occupe la partie centrale de la région tellienne qui s'étend du bassin méridional de l'Atlas blidéen jusqu'aux bords des Hauts Plateaux et de la chaîne Titteri. La Wilaya de Médéa atteint 1813 m d'altitude et son relief est très prononcé. Au sud de la wilaya s'étendent des steppes de 700 – 800 m d'altitude. Cette géographie est typique des régions arides et semi-arides.

2.2. Description générale de notre tronçon :

Le tronçon se situe dans le Nord de l'Algérie à environ 176 KM au sud d'Alger. Le tracé traverse la Wilaya de Médéa, s'oriente de l'ouest à l'est en général, et chemine à l'ouest de la RN1. Il prend sa liaison avec la RN1 par un échangeur près du village boughezoul dans le sud-ouest de la Wilaya de Medea entre le PK170+00 et le pk 177+400 vers MEDEA.

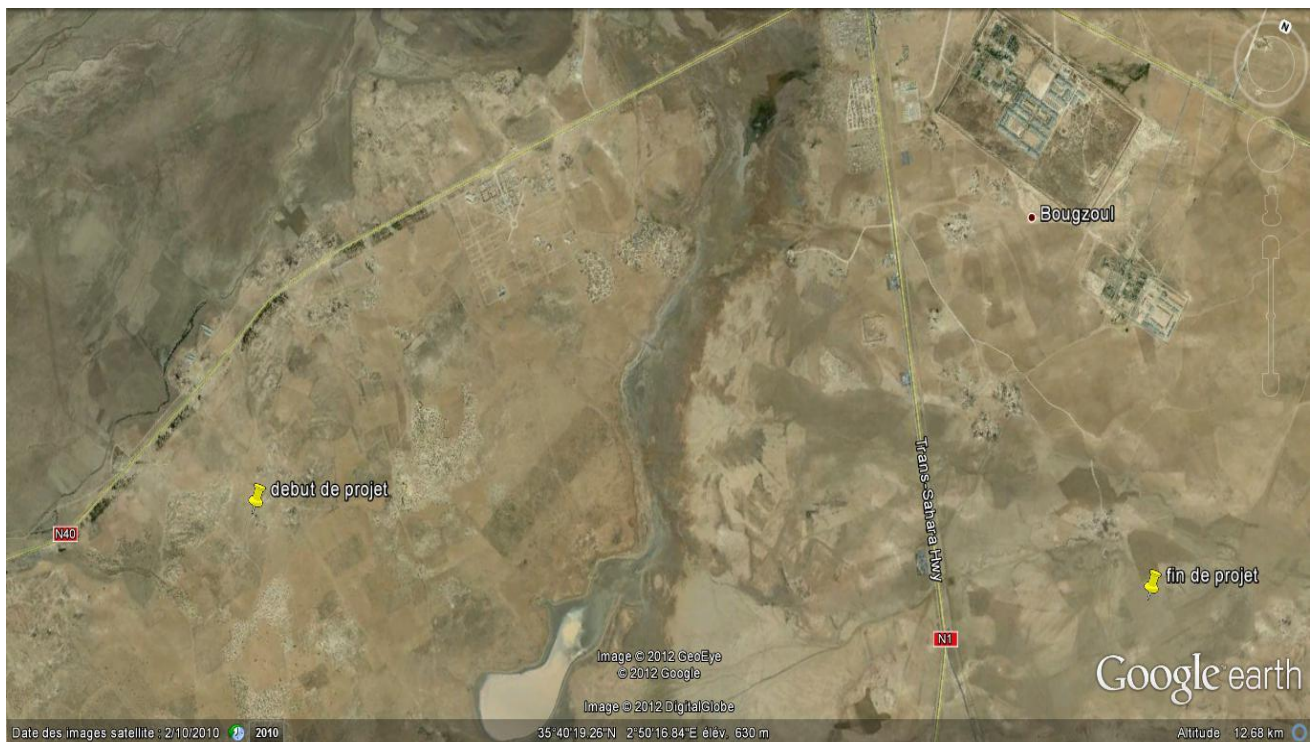


Figure4. La zone étudiée (Google Earth)

1. Introduction :

Dans cette phase(APS) on va étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

2. La zone d'étude :

La zone sud de boughezoul par laquelle notre tracé passe est un terrain (relief) plat de faible pente et de faible végétation, La majorité des terrains du projet sont consacrés à la culture céréalière. Il franchit une zone inondable (terrain marécageux) à dominance rurale, peu peuplée.



Figure1

Forme du terrain traversé par la majorité du tracé (pente faible-végétation faible)

2.1. Hydrologie et hydrogéologie :

➔ **Eaux superficielles :**

Les montagnes au nord du tracé constituent la source des eaux de surface dans ce secteur.

➔ **Les éventuelles zones inondables :**

Selon les enquêtes in situ et les calculs hydrologiques, il y a 2 éventuelles zones inondables sur le présent tronçon, voir le tableau 1.1.

Tableau 1.1 Eventuelles zones inondables

N°	Localisation selon les PK du Tracé de la RHP	Localisation de la zone	Constat et observation sur la zone
1	PK173+020~PK174+960	Zone de faible pente (Plaine de Boughzoul)	Zone très inondable
2	PK175+800~PK177+390	Zone de faible pente (Plaine de Boughzoul) L'intersection avec la RN01	Zone très inondable

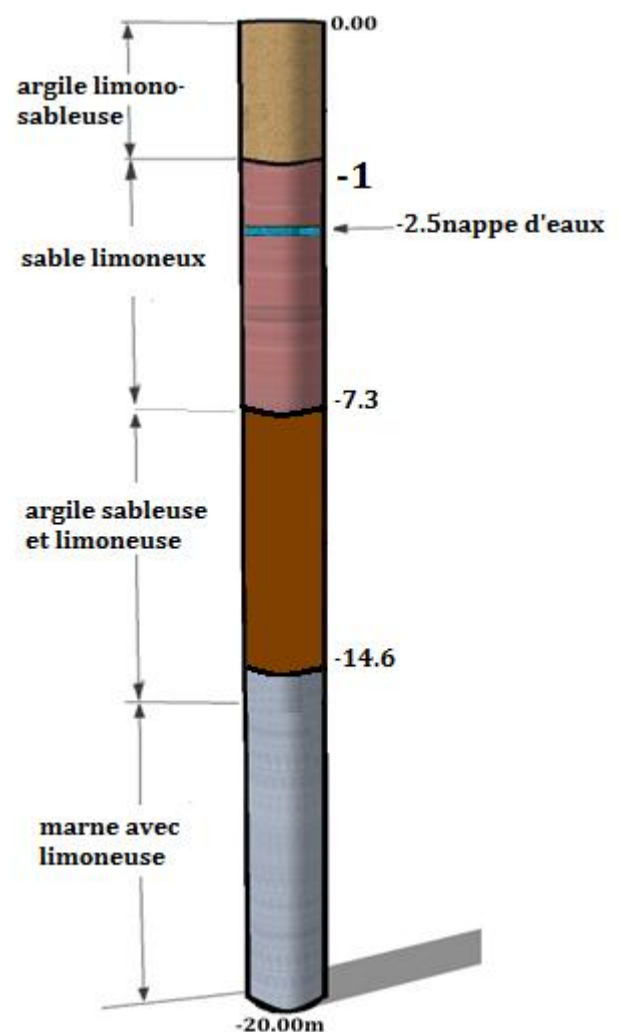
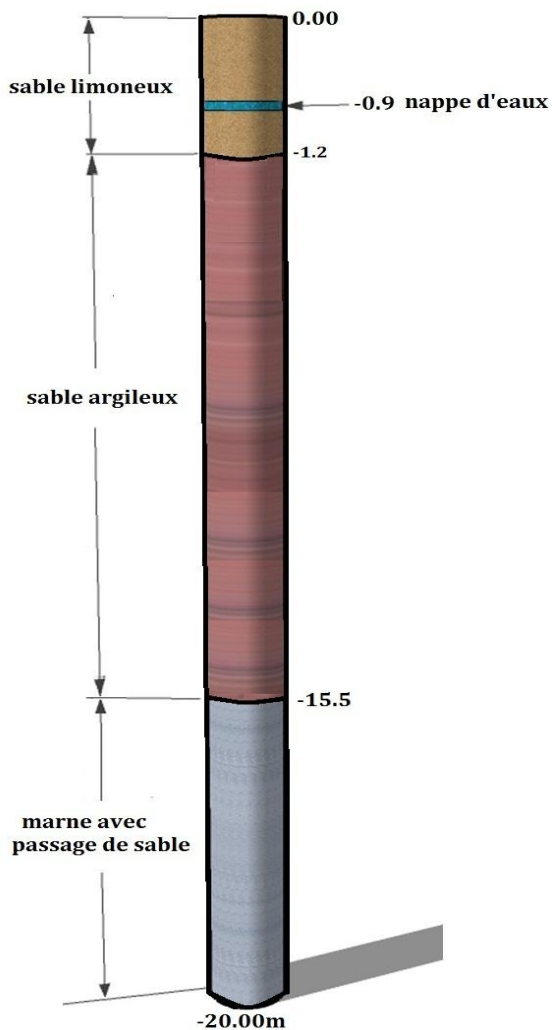
➔ **Eaux souterraines et hydrogéologie :**

Les profondeurs et les états des nappes sont liés aux saisons et au relief

Les résultats des essais de forage sont comme suit :

MAI 2011 (pk 174+000)

JUIN 2011(pk 174+700)



2.2. Types des contraintes :

L'investigation sur site nous permet de constater que le relief du présent tronçon est plat, les conditions géologiques sont simples, il n'y a pas de risques géologiques très marqués et il n'y a pas de points sensibles qui influencent le tracé non plus. Les principales contraintes sur ce tronçon sont comme suit :

- ➔ La route nationale RN1 et des pistes non revêtue.
- ➔ Lignes de transport d'énergie électriques et de gaz.
- ➔ Les terrains du projet sont consacrés à la culture céréalière.
- ➔ La zone inondable.
- ➔ Des bases militaires sont implantées près du site.



Figure 2 réseaux, RN1, zone inondable

3. Choix de couloir (APS) :

3.1. Présentation des variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux variantes qui passent au sud de bougezoul afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

→ La variante « A » :

Ce tracé est le plus court et le plus proche de la ville de bougezoul, il traverse un relief plat et évite certaines habitations

Elle franchit :

- la route nationale 1 (route reliant bougezoul à Alger).
- 4 pistes non revêtues
- Une terre agricole



Figure 3 la Variante « A »

→ La variante « B » :

Ce tracé est le plus long, il passe aussi au sud de bougezoul, il traverse un relief plat et évite certaines habitations, il franchit :

- La route nationale 1 (route reliant bougezoul à Alger).
- 6 pistes non revêtues
- Deux terres agricoles

- Elle porte le chemin le plus long traversant la zone inondable



Figure 1 La Variante « B »

3.2. Conclusion :

Apparemment la zone que traversent les deux tracés est de mêmes caractéristiques géométriques (terrain plat), toutefois une différence se situe au niveau du coût :

- la variante B comporte le tracé le plus long, de plus, elle franchit une zone cultivable céréalière, ce qui défavorise le passage de l'autoroute sur ces éléments.

Ces champs cultivés sont parmi les plus fréquentés .Ajouté aux indemnités qu'il faudra proposer aux propriétaires des terres.

A partir de cela, nous déduisons bien que le facteur économique jouera le seul rôle décisif dans le choix de la variante retenue (Variante B avérée trop chère), le tracé de la variante A sera le tracé retenu.

1. Généralité :

Le but de ce chapitre est de présenter les normes géométriques qui ont été la base de l'approfondissement de l'APD. Ces normes ont été l'objet de discussions détaillées dans notre projet.

Pour la conception géométrique nous avons utilisé La norme **ICTAAL 2000**« instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison ».

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.

Elle ne s'applique pas :

Aux autres types de routes principales – les routes express à une chaussée, les artères interurbaines et les "routes" – qui font l'objet du guide d'Aménagement des Routes Principales (A.R.P.) ;

Aux routes à chaussées séparées comportant chacune une seule voie de circulation et des créneaux de dépassement, qui feront l'objet d'une instruction ultérieure ;

Aux autoroutes situées en milieu urbain, considérées comme des voies rapides urbaines, et relevant de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (I.C.T.A.V.R.U.), y compris lorsqu'elles assurent la continuité ou l'aboutissement d'une autoroute interurbaine. Il est toutefois recommandé en milieu périurbain, lorsque le caractère urbain actuel ou futur de la voie est faible, d'appliquer les règles de l'ICTAAL.

3. Conception générale :

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales :

- le type de route qui détermine l'instruction à appliquer.
- la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.
- le nombre de voies.
- le synoptique des échangeurs et des aires.
- la progressivité de l'aménagement.
- prenant en compte les contraintes environnementales, les aspects socio-économiques et les sujétions financières.

3.1. Normes géométriques :

Les paramètres géométriques adoptés pour notre projet sont résumés dans le Tableau 3.1 «d'après l'ICTAAL 2000 »

Tableau 3.1 Paramètres géométriques de l'autoroute

N°	Désignations des paramètres	Symbole Unité	Catégorie	
			L1	L2
1	Vitesse maximale	V(km/h)	130	110
2	Tracé en plan			
(1)	Rayon minimum absolu	$R_m(m)$	600	400
(2)	Rayon minimum non déversée	$R_{nd}(m)$	1000	650
(3)	Longueur minimum de clothoïde	$L_s(m)$	Max ($14 \Delta\delta ; R/9$)	Max ($14 \Delta\delta ; R/9$)
(4)	Rayon minimum sans courbe de transition	$R(m)$	1500	975
3	Profil en long			
(1)	Déclivité maximum	P (%)	5	6
(2)	Déclivité minimum	P (%)	0.2	0.2
(3)	Rayon minimal de raccordement convexe	$R_v(m)$	12500	6000
(4)	Rayon minimal de raccordement concave	$R_v(m)$	4200	3000
4	Profil en travers			
(1)	Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4	2 à 4
(2)	Largeur de voie	$L(m)$	3.5	3.5
(3)	Dévers minimum	d(%)	2.5	2.5
(4)	Dévers maximum	d(%)	7	7

3.2. Choix de la catégorie :

Notre région est plate et les contraintes de reliefs sont modérées, donc la catégorie est **L1**.

3.3. Détermination de la 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 vitesses Maximales autorisées de 130km/h.

➔ **la catégorie L2**, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique. V_{max} autorisée est 110km/h.

On limite la vitesse de référence sur notre tronçon à **120 kilomètres par heure**.

1. Introduction :

Pour ce faire, les études de trafic sont un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, il s'agit d'effectuer des prévisions un horizon assez éloigné (10ans, 15ans voire davantage) qui dépendent, notamment des facteurs socio-économiques ainsi que des comportements psychologique des usagers .d'une façon générale, l'étude de trafic permet le choix du profil en travers d'une route ou Autoroute, détermine le dimensionnement de la structure de chaussée et oriente sur les technique d'entretien de chaussée.

Cette étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds). Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

2. L'analyse des trafics existants:

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route(volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

➤ La Mesure Des Trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

- ❖ **Les comptages** : nous permettent de quantifier le trafic.
- ❖ **Les enquêtes** : nous permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

a) - Les Comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

- ❖ Les comptages manuels.
- ❖ Les comptages automatiques.

a.1)-Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.J.M.A**).

a.2) - Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

- **a.2.1 Les comptages permanents :** sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- **a.2.2 Les comptages temporaires :** s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode : c'est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

b) - les Enquêtes Origine Destination :

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquêtes :

b).1 - les Enquêtes papillons ou distributions :

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons et sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

Les avantages de la méthode : sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

Les inconvénients de la méthode : c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

b).2- Relevé des plaques minéralogiques :

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

b).3- interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées : (origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

b).4- Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

3. 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 2011 (TJMA₂₀₁₁) est de 13325 v/j.
- La mise en service est prévue pour l'année 2017.
- La durée de vie est de 20ans.
- pourcentage de poids lourd : $p=25.24\%$.

Le Taux de croissance du trafic est représenté dans le tableau 4.1 :

Période	Taux de croissance (%)
2011 - 2017	4
2017 - 2026	3.23
2026 - 2036	1.63

Tableau 4.1 les taux de croissances

4. Projection future du trafic :

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau_i)^n$$

Avec :

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon (année de mise en service **2017**)
- $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence (origine **2011**).
- **n**: nombres d'années.
- τ_i : taux d'accroissement du trafic (%).

On a: $TJMA_0 = TJMA_{2012} = 13325 \text{ v/j}$

$$TJMA_{2017} = TJMA_{2011} (1 + \tau_1)^6 = 13325 (1 + 0.04)^7 \approx 16861 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2022} = TJMA_{2017} (1 + \tau_2)^5 = 16861 (1 + 0.0323)^5 \approx 19766 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2026} = TJMA_{2022} (1 + \tau_2)^4 = 19766 (1 + 0.0323)^4 \approx 22446 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2036} = TJMA_{2026} (1 + \tau_3)^{10} = 22446 (1 + 0.0163)^{10} \approx 26385 \text{ v/j.}$$

Les résultats sont représentés dans le tableau 4.2 suivant :

Tableau 4.2 Trafic moyen journalier annuel (V/j)

Année représentée	TJMA (v/j)
2011	13325
2017	16861
2022	19766
2026	22446
2036	26385

5. Calcul Du Trafic Effectif :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec : T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).

Z : pourcentage de poids lourd **Z = 25.24%**

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 plat), donc et d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a **P=2**.

$$T_{\text{eff}}(2036) = [(1 - Z) + Z.P] T_{\text{JMA}2036}$$

$$T_{\text{eff}}(2036) = 26385 \times [(1 - 0.2524) + 2 \times 0.2524] \approx 33044 \text{ uvp/j.}$$

Donc:

$$T_{\text{eff}}(2036) = 33044 \text{ uvp/j}$$

6. Débit de pointe horaire normale :

La formule qui donne le Débit de pointe horaire normale est :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot T_{\text{eff}}$$

Avec :

- **Q** : débit de pointe horaire.
- **n** : nombre d'heure, (en général **n=8 heures**), donc : $\frac{1}{n} = 0.12$.
- **T_{eff}** : trafic effectif.

D'où le début prévisible à la 20^{ème} année :

$$Q_{\text{prévisible}}(2036) = 0.12 \times T_{\text{eff}}(2036)$$

$$Q_{\text{prévisible}}(2036) = 0.12 \times 33044 \approx 3965 \text{ uvp/h.}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{prévisible}}(2036) = 3965 \text{ uvp/h}$$

7. Débit Horaire Admissible :

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible est :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

Avec :

- **K₁, K₂** : coefficients correcteur.
- **C_{th}** : capacité théorique.

Tableau 4.4 Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Pour notre projet l'environnement est E1 (terrain plat), 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 $K1=1.00$.

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.

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h.}$$

$$\Rightarrow Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h.}$$

8. Détermination Nombre Des 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 $s.Q / Q_{adm}$.

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{\text{adm}}}$$

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

$$N = S \times \frac{Q \text{ prévisible}}{K1. K2 . c th(/voie)} = \frac{2}{3} \times \frac{3965}{1350} = 1.93 \approx 2$$

Donc : l'autoroute est de 2× 2voies.

1. Introduction :

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.

S'il en résulte une économie sensible ou une meilleure insertion dans le site, il est possible de dissocier les deux chaussées par leur profil en long ou leur tracé en plan.

2. Tracé en plan :

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

3. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées sont utilisées dans notre projet et résumer dans l'ICTAAL L1, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- ❖ L'emploi des rayons supérieurs ou égaux à R_{Hnd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.
- ❖ Eviter De passer sur les terrains agricoles.
- ❖ Eviter Le passage de très près des zones urbaines.
- ❖ Eviter Le passage sur les oueds pour éviter la construction d'ouvrages.
- ❖ Eviter Les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ❖ Respecter l'environnement.
- ❖ Adapter le tracé afin d'éviter les terrassements importants.

4. Les éléments géométriques du tracé en plan :

Les éléments du tracé en plan sont :

4.1. Droites :

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont très déconseillés.

La longueur maximale d'un alignement ne dépasse pas la longueur parcourue par la vitesse de base durant une minute.

$$L_{\max} = 60 V(m/S) ; \quad v = V_b / 3.6 (km/h)$$

Quant à La longueur minimale elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5 secondes.

$$L_{\min} = 5 V(m/S)$$

4.2. Arc de cercle :

Il est bien de rappeler que pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} (rayon minimum absolue), on utilise alors au tant que possible des valeurs supérieures ou égale à R_{Hm} .

4.3. Courbes de raccordements :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- ❖ La stabilité transversale du véhicule.
- ❖ La variation progressive des devers, et la courbure afin de respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.
- ❖ Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

4.4. Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, on cite les 3 courbes suivantes :

4.4.1. Lemniscate: est défini par l'équation est : $K.F = (1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F .

4.4.2. Parabole cubique : est définie par l'équation : $y = c.x^3$. elle est peu utilisée et sa en raison de sa courbure vite atteint (utilisé sur tout dans le tracé de chemin de fer).

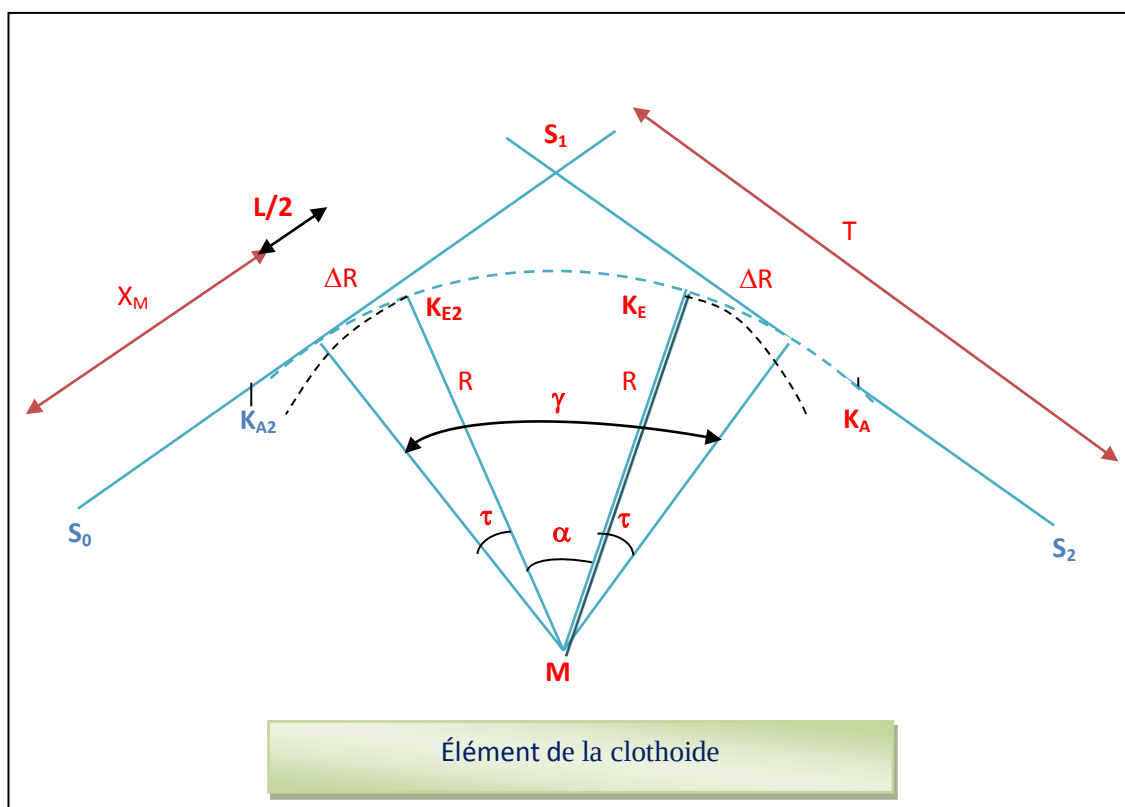
4.4.3 Clothoïde : c'est une spirale dont le rayon de courbure décroît dès l'origine jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

4.5. Choix de la courbe de raccordement :

Entre les trois courbes citées au paravent la courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde, car théoriquement c'est l'idéal et la plus utilisée, et aussi parce qu'elle présente 3 propriétés remarquables qui sont :

- ❖ Variation constante de la courbure qui correspond au conducteur à une rotation constante.
- ❖ Elle maintient constante la variation de l'accélération, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.
- ❖ Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

5. ELEMENTS DE LA CLOTHOÏDE :



- γ : Angle entre alignement
- S_L : La corde à la clothoïde
- T : Grande tangente

- σ : L'angle polaire
- ΔR : Ripage
- L : longueur de clothoïde
- X_M : Abscisse du centre de cercle
- K_A : début de clothoïde
- R : Rayon de virage
- K_E : Fin de clothoïde
- τ : Angle de tangente

L'expression de la clothoïde est : $A^2 = L \cdot R$

Tel que :

- A : paramètre de clothoïde.
- L : longueur de clothoïde.
- R : rayon.

Le choix du paramètre A de la clothoïde doit respecter les trois conditions, qui nous permet de fixé la longueur minimal de raccordement qui sont :

5.1. Condition de confort optique : elle permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ces obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° .

$$A_{\min} = R/3 \quad R/3 < A < R$$

5.2. condition de confort dynamique : cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

D'où :

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

V_r : vitesse de référence (Km/h).

R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$) (%)

5.3. Condition de gauchissement : elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

l : largeur de la chaussée.

L : longueur de la chaussée.

Δd : variation des dévers.

Remarque : on peut vérifier la condition de gauchissement et de confort dynamique en appliquant la formule :

$$L \geq 5/36(\Delta d \cdot V_r)$$

6. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Des courbes circulaires de rayon modéré (**<1,5 R_{nd}**) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

→ introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « **R₁ ≤ 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**, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs => **L_{min}=200m**.

6.1. Exemple de calcul de tracé en plan :

$$P_1 (X = 482348.254 \quad Y = 3944417.464)$$

$$P_2 (X = 482928.017 \quad Y = 3945257.767)$$

$$P_3 (X = 483979.268 \quad Y = 3945684.909)$$

$$R = 1600\text{m.}$$

Pour notre projet on a :

$$R_m = 600 \text{ m} \Rightarrow d = 7\%,$$

$$R_{nd} = 1000 \Rightarrow d = 2.5\%$$

6.2. Calcul des gisements :

$$\begin{cases} |\Delta x_{12}| = |x_{P_2} - x_{P_1}| = 579.763 \text{ m} \\ |\Delta y_{12}| = |y_{P_2} - y_{P_1}| = 840.303 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_2} = 100 - \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|} \right) = 44.60 \text{ grade}$$

$$G_{P_2}^{P_1} = 200 + 44.60 = 244.60 \text{ grade}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{23}| = |x_{P_3} - x_{P_2}| = 1051.251 \text{ m} \\ |\Delta y_{23}| = |y_{P_3} - y_{P_2}| = 427.142 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_2}^{P_3} = 100 - \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta y_{23}|}{|\Delta x_{23}|} \right) = 77.88 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_2} = 200 + 77.88 = 277.88 \text{ grade}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{13}| = |x_{P_3} - x_{P_1}| = 1631.014 \text{ m} \\ |\Delta y_{13}| = |y_{P_3} - y_{P_1}| = 1267.445 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_3} = 100 - \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta y_{13}|}{|\Delta x_{13}|} \right) = 62.15 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_1} = 200 + 62.15 = 262.15 \text{ grade}$$

Par convention, la ligne de référence du profil en long de l'autoroute est l'axe de la plate-forme si le T.P.C. est revêtu ou sinon, celui du bord gauche des chaussées.

Sauf difficulté d'insertion dans le site, un profil en long en remblai, adapté à la réalisation des terrassements, des chaussées et au maintien des écoulements naturels, est préférable à un profil en long rasant.

La conception du profil en long dépend des conditions d'assainissement, notamment dans la zone inondable.

L'optimisation du profil en long a été réalisée en parallèle avec l'étude d'assainissement et avec la conception des ouvrages courants

Le profil en long est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical, Il est constitué d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes à rayons parabolique.

1. TRACE DE LA LIGNE ROUGE :

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

- ❖ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- ❖ Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- ❖ Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- ❖ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- ❖ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- ❖ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- ❖ Opter pour une déclivité minimale de 0.5% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

2. ELEMENTS CONSTITUANTS DE LA LIGNE ROUGE :

Sur le profil en long terrain naturel qui est constitué par des fichiers de commande du logiciel « Piste 5.05 » ou bien « Covadis » en utilisant la coordonnée z comme étant la cote projet de la route, on a conçu la ligne rouge de notre projet qui est lui-même constituée de :

- Les alignements: sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.
- Déclivité :

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

- Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuent longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.2% Selon les normes « ICTAAL L1 » et de préférence 0. 5%.

- Déclivité maximale :

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne toutes les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd doit .et selon (l'ICTAAL) elle doit être inférieur à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

3. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG:

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incite à :

- ✓ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- ✓ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

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

- ✓ Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

4. NORMES PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

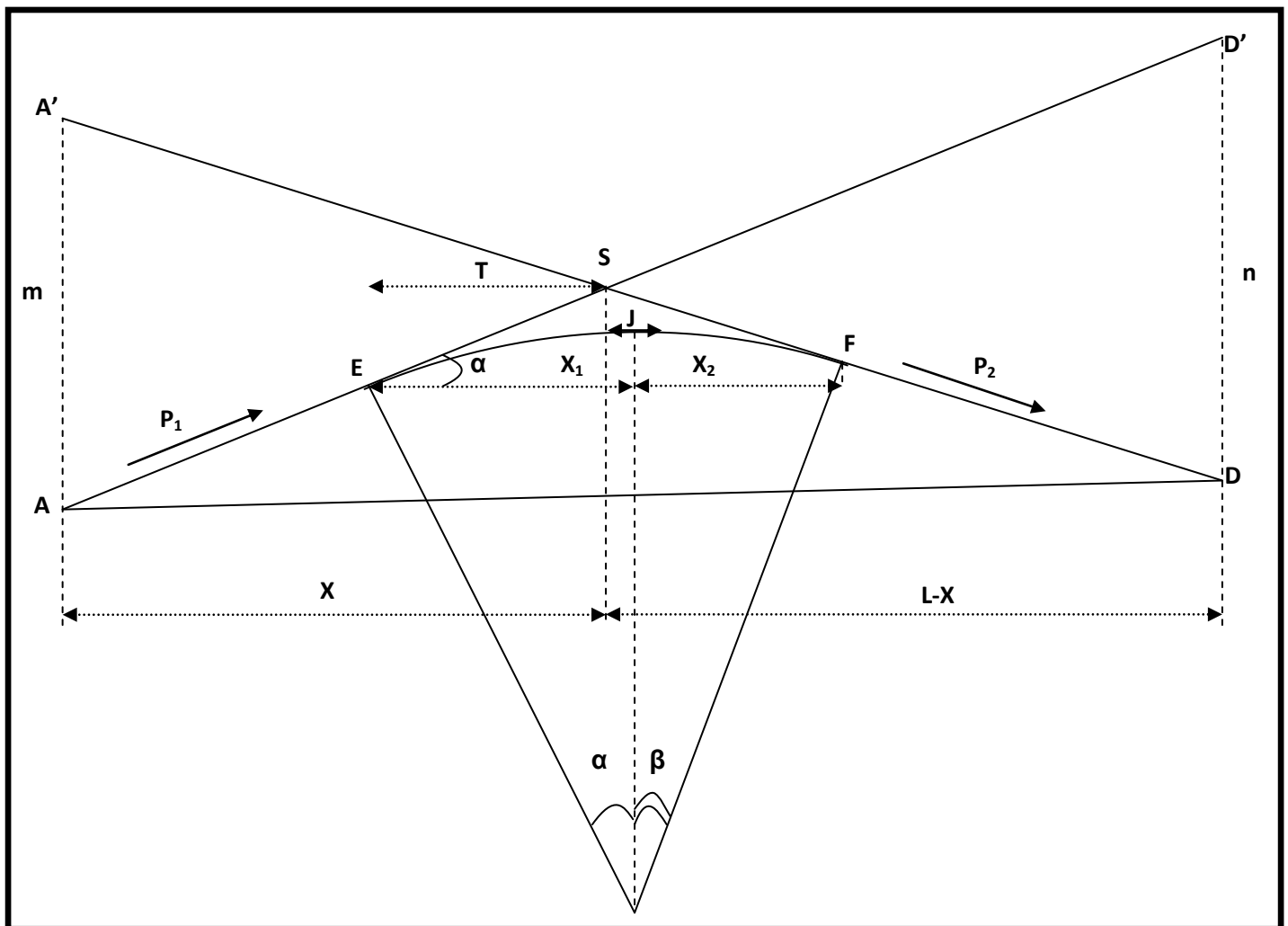
Pour notre cas, on a respecté les paramètres suivants : (selon les normes de (L'ICTAAL) :

Tableau6.1 paramètres du profil en long

catégorie	L1
Déclivité maximale	5%
Déclivité minimale	0.5%
Rayon minimal en angle saillant $R_{V^{\wedge}}(m)$	12500
Rayon minimal en angle rentrant $R_{V^{\wedge}}(m)$	4200

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible

5. CALCUL DES ELEMENTES DE PROFIL EN LONG :



5.1. Détermination de la position du point de rencontre (s) :

$$\begin{array}{lcl} \text{On a:} & Z_{D'} = Z_A + L \cdot P_2 & , \quad m = Z_{A'} - Z_A \\ & Z_{A'} = Z_D + L \cdot P_1 & , \quad n = Z_{D'} - Z_D \end{array}$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + z_A \end{array} \right.$$

5.2. Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T \cdot P_1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = X_S + T \\ Z_F = Z_S + T \cdot P_2 \end{array} \right.$$

5.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

5.4. Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

5.5. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X \cdot P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right.$$

5.6. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

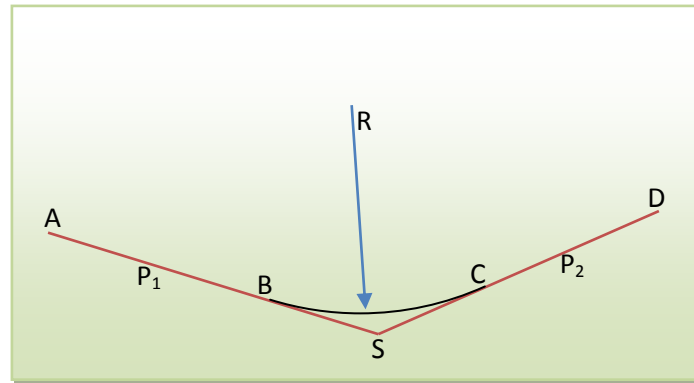
Avec : $X_1 = R \cdot P_1$

$$X_2 = R \cdot P_2$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D.

6. EXEMPLE D'UN CALCUL MANUAL:

$$R = 8000\text{m}$$



$$\begin{array}{l}
 A \left\{ \begin{array}{l} X_A = 250.531 \text{ m} \\ Z_A = 640.548 \text{ m} \end{array} \right. \quad
 S \left\{ \begin{array}{l} X_S = 452.589 \text{ m} \\ Z_S = 638.971 \text{ m} \end{array} \right. \quad
 D \left\{ \begin{array}{l} X_D = 666.275 \text{ m} \\ Z_D = 639.782 \text{ m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

✓ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta PK_1} \times 100 = -0.78 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100 = 0.37\%$$

✓ calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) = 46\text{m}$$

✓ Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R} = 0.13\text{m}$$

✓ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$C \left\{ \begin{array}{l} X_C = X_S + T = 498.589\text{m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 655.991\text{m} \end{array} \right.$$

$$B \left\{ \begin{array}{l} X_B = X_S - T = 406.589\text{m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 674.851\text{m} \end{array} \right.$$

1. Introduction :

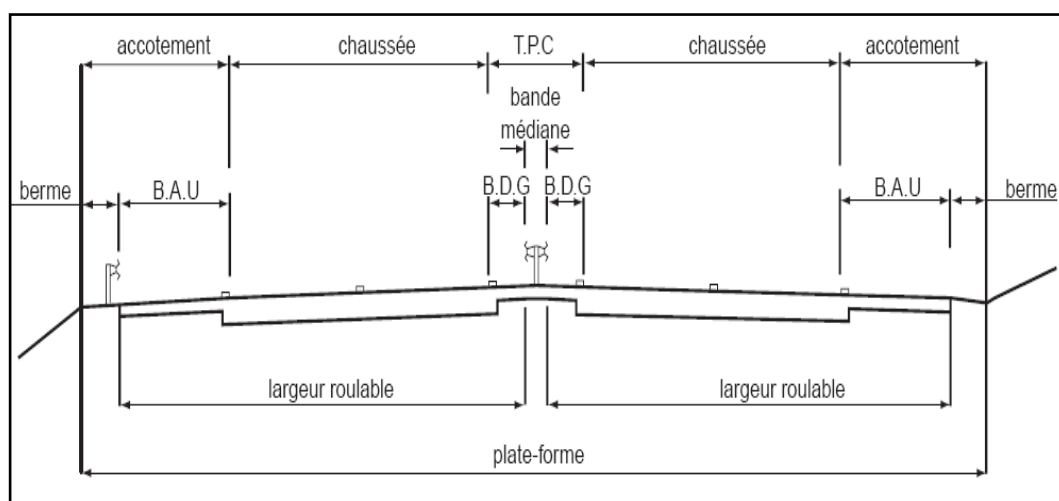
Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.

Il existe deux types de profil :

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

2. Profil en travers en section courante :

Figure 7.1 Eléments constitutifs du profil en travers en section courante



T.P.C. : Terre Plein Central.

B.A.U. : Bande d'Arrêt d'Urgence.

B.D.G. : Bande Dérasée de Gauche.

2.1. Chaussée :

D'après l'étude de trafic, nous avons trouvé une chaussée de 2×2 voies larges de **3,50 m**.

2.2. 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.

a) Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

➔ elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité.

→ elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de **1,00 m**.

b) Bande médiane :

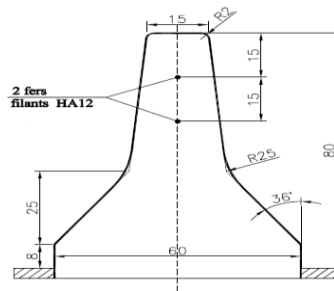
Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.

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

Si elle est inférieure ou égale à **3 m**, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien.

Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante ; dans ce cas, une berme de **1,00 m** est maintenue en bordure de la B.D.G.

Pour notre projet, nous avons implanté une DBA (double séparateur en béton adhérent) comme séparateur physique



c) 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**.

2.3. Accotement :

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

a. 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.

b. 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 surlargeur 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.

Sa largeur est de **3,00 m** lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus) $L_{(B.A.U)} = 2.5 \text{ m}$.

c. 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 est de **1,00 m** minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25 %. $L_{(berme)} = 1.5 \text{ m}$

3. Pentes transversales :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

3.1. En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

3.2. En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm.

La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au

dévers et égale à 1,5 %, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

3.3. Changement de dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

a) Point de rotation des dévers :

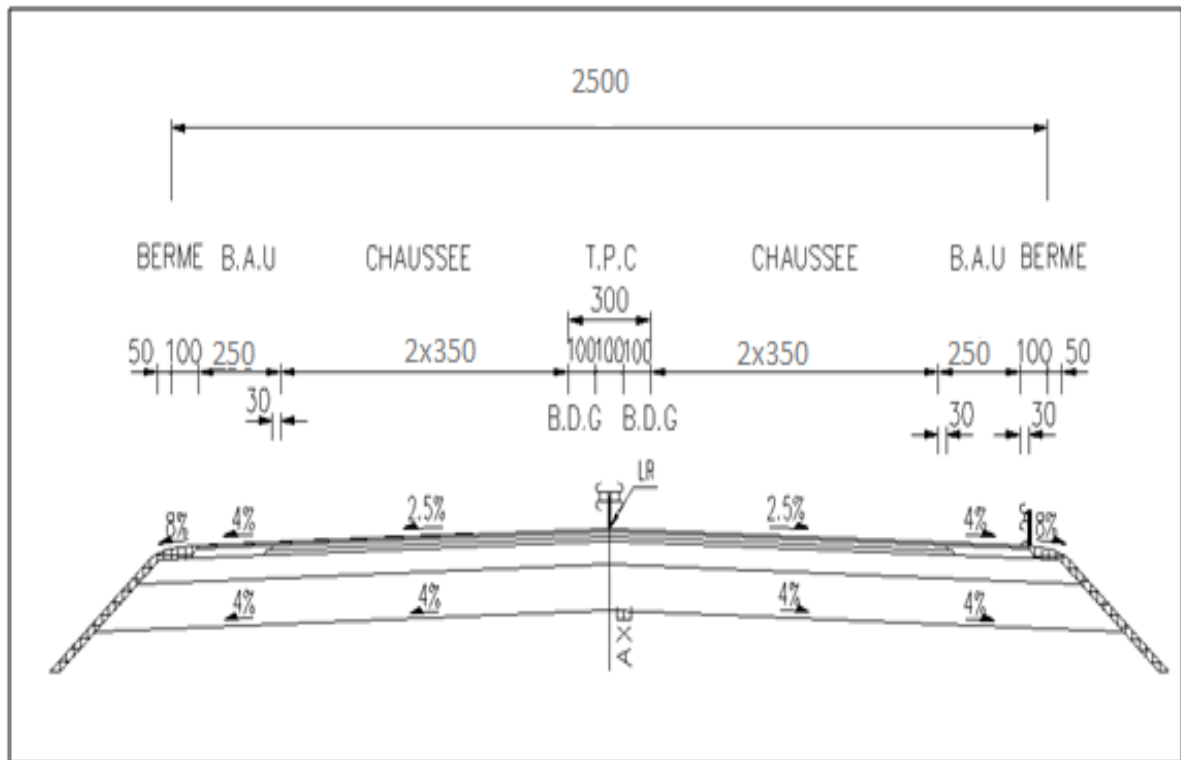
Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

4. Profil en travers type du notre projet :

Tableau 7.2 profil en travers type proposé

Description	Largeur (m)	nombre	largeur totale (m)
• Voie de circulation 2x2	3.5	4	14.0
• Terre-plein central (T.P.C)	3.0	1	3.0
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1.0	2	2.0
- Bande médiane (B.M)	1.0	1	1.0
• Accotement	4.0	2	8.0
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5.0
- La berme	1.5	2	3.0
totale		25.00	
• Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	6	2	12.0
dévers en section droite			
- Chaussée	2,5 % vers l'extérieur.		
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	identique à celle de la chaussée.		
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4 % vers l'extérieur.		
- Berme extérieure	8% vers l'extérieur.		
dévers en courbe			
- Chaussée	7 % (maximum).		
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	identique à celle de la chaussée.		
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	voir note3.		

Figure 7.2 Les dimensions du profil en travers en section courante



1. Généralités :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin 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.

2. Les méthodes de calcul :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles 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.

3. 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.

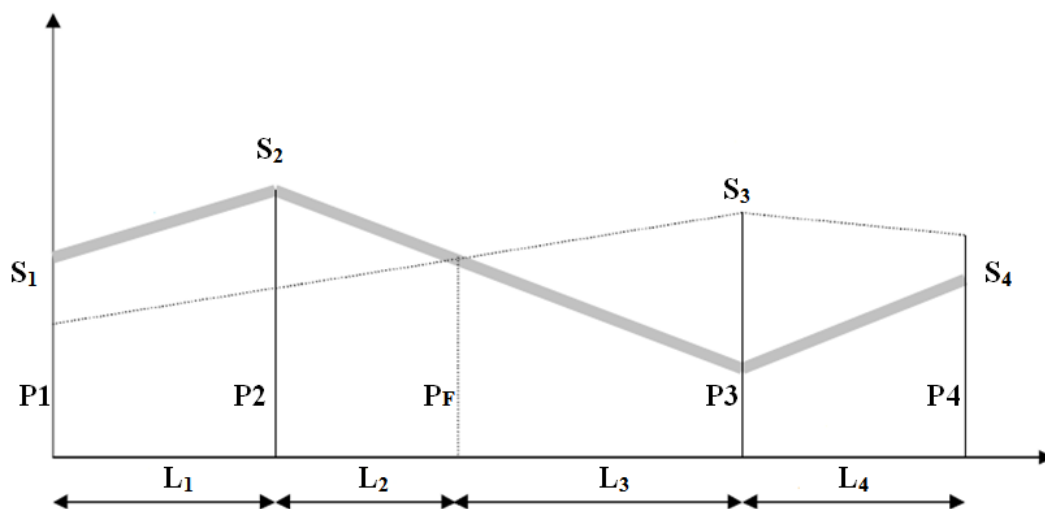
S0 : surface limitée à mi- distances des profils.

S1 : surface de profil en travers P1.

S2 : surface de profil en travers P2.

4. Application :

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



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

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

Pour un calcul plus simple, on a considéré que : $S_{\text{moy}} = \frac{S_1 + S_2}{2}$

Donc :

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 : V_1 = L_1 \times \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F : V_2 = L_2 \times \left(\frac{S_2 + 0}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 : V_3 = L_3 \times \left(\frac{0 + S_3}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_3 \text{ et } P_4 : V_4 = L_4 \times \left(\frac{S_3 + S_4}{2} \right)$$

$$\text{Le volume total } V : \quad V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

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

5. Calcul des Cubatures de Terrassement :

Dans notre projet, le calcul s'effectue à l'aide de logiciel **piste5.05**.

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en **annexe_04**.

1. Introduction :

La campagne de reconnaissance géologique et géotechnique comprenait l'exécution de puits d'exploration, de forages, une série d'essais in situ comme des essais pressiométriques et des essais de pénétration dynamique ainsi qu'une batterie d'essais en laboratoire.

Le but des travaux de reconnaissance est de définir la stratigraphie sur le long du tracé, de caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés afin de réaliser le dimensionnement du corps de chaussée, et préciser la stabilité des talus des déblais et remblais et les conditions de réutilisation des sols excavés.

2. Les travaux de reconnaissance :

- ➔ L'étude des archives et documents existants.
- ➔ Les essais « **in situ** ».
- ➔ Les essais en laboratoire.

2.1. L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont 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.

2.2. Les différents essais in situ :

Tableau 9.1 Les différents essais réalisés in situ

Essais	Normes
Puits d'exploration	-
Forages carottés	-
Essai de pénétration au carottier SPT (Standard Pénétration Test)	NF P94-116
Essais au pénétromètre dynamique	NF P94-115
Piézomètres	-

➔ **Puits d'exploration :**

Le tableau 9.2 présente les différentes formations rencontrées dans les puits de reconnaissance dans notre tronçon. Géotechnique

Tableau9.2 formations identifiées par puits de reconnaissance

Dénomination	PK (m)	Altitude (m)	Profondeur (m)	Formations
P 27	170+200	637.19	0.00 – 0.6 0.6 – 1.00 1.00 – 3.00	Terre végétale Argile sableuse jaunâtre Sable limoneux jaunâtre
P 28	172+50	635.37	0,00 – 0,01 0,01 – 0.5 0.5 – 1 1 – 2.5	Terre végétale Argile sableuse jaunâtre Marne sableuse jaunâtre Sable argileux
P 29	173+600	635.76	0,00 – 0,01 0,01 – 1,00 1-2.5	Terre végétale Argile limoneuse rougeâtre Sable marneuse jaunâtre
P30	175+500	635.94	0.00-0.03 0.03 -1.00 1.00-1.8	Terre végétale Argile limoneuse grisâtre Marne argileuse salée



Figure9.1 puits de reconnaissance

➔ **Forages carottés :**

Le tableau 9.3 présente les différentes formations rencontrées dans les forages carottés dans notre tronçon :

Tableau 9.3 formations identifiées par forages carottés

Dénomination	PK (m)	Altitude (m)	Profondeur (m)	Formations
sod-054	174+000	632.7	0,00 – 1,20 1.2 – 15.5 15.5–20.00	Sable limoneux Sable argileux Marne avec passage de sable
sod-059	174+700	633.00	0,00 – 1.00 1.00 – 7.3 7.3 – 14.6 14.6–20.00	Argile limono-sableuse Sable limoneux Argile sableuse et limoneuse Marne avec limoneuse
Sod-068	176+980	640.60	0.0–2.7 2.7–8.0 8.0–21.0 21.0–23.5 23.5–31.0	Sable limoneux Argile sablo graveleuse Argile limono sableuse Sable limoneux avec tuf Argile marneuse

➔ **Essai pressiométriques :**

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.

➔ **Essai de pénétration au carottier SPT (Standard Pénétration Test) :**

L'essai de pénétration au carottier est un essai géotechnique qui teste le terrain en place et fournit une caractéristique conventionnelle et un échantillon remanié du sol. L'essai consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu en fond d'un forage préalable.

L'essai de pénétration au carottier permet d'établir une relation entre la résistance à la pénétration d'une part et les caractéristiques et la variabilité des sols d'autre part.

L'essai de pénétration au carottier s'applique aux sols fins et aux sols grenus dont la dimension maximale des éléments ne dépassent pas 20 mm, et elle est limitée à une profondeur de 50 m.

Les résultats des essais de pénétration au carottier fendu peuvent être utilisés de façon qualitative pour déterminer la résistance des matériaux et peuvent servir, à l'aide de corrélations, au calcul des fondations des ouvrages d'art.

➔ **Essais au pénétromètre dynamique :**

Le sondage au pénétromètre dynamique est un moyen de reconnaissance géotechnique qui teste le terrain en place et fournit en tant que telle une caractéristique de sol. Il consiste à déterminer le nombre de coups nécessaires pour enfoncer, selon une procédure définie, une pointe soumise, par l'intermédiaire d'un train de tige, à une énergie de battage.

Le sondage au pénétromètre dynamique permet d'apprécier d'une façon qualitative la résistance des terrains traversés. Il est limité à une profondeur de 15 m, parfois moins si le frottement latéral se développe sur le train de tiges.

➔ **Piézomètres :**

Les piézomètres sont constitués d'un tube d'un diamètre intérieur de 25 mm, crépiné sur toute sa longueur sauf sur les trois mètres supérieurs. Ils sont installés dans le forage et du gravier fin filtrant remplit le vide entre les parois du trou et le tube. Un bouchon de bentonite est réalisé sur les trois mètres supérieurs. Des boîtes de service sont installées au sommet de chaque piézomètre, au ras du sol.

2.3. Les différents essais en laboratoire :

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée ou type de fondations (superficielles ou profondes) et leurs dimensions et ce, pour chaque ouvrages d'art.

Les essais réalisés en laboratoire sont :

Tableau 9.4 Les différents essais en laboratoire

Les essais d'identification	
Essais	Normes
Teneur en eau naturelle	NF P 94-050
Masse volumique des particules solides des sols	NF P 94-054
Masse volumique des sols fins	NF P 94-053
Limites d'Atterberg	NF P 94-051 ou NF P 94-052-1
Analyse granulométrique (tamisage à sec)	NF P 94-056
Analyse granulométrique (par sédimentométrie)	NF P 94-057
Teneur en carbonates	NF P 94-048
Équivalent de sable	NF P 18-598
Essai au bleu de méthylène	NF P 94-068
Les essais mécaniques	
Essais	Normes
Essai Proctor normal et modifié	NF P 94-093
Portance CBR imbibé et immédiat	NF P 94-078
Essai Los Angeles	NF P 18-573
Essai Micro Deval	NF P 18-572
Essai œdométrique	XP P 94-090-1
Cisaillement direct	NF P 94-071-1

A. Les essais d'identification

→ Teneur en eau naturelle :

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 des particules solides des sols :

L'essai détermine la masse volumique moyenne d'un échantillon composé de particules, parfois de nature différente.

La masse volumique des particules solides d'un sol est utilisée pour connaître l'indice des vides, le degré de saturation et la porosité.

La masse volumique des particules solides d'un sol (ρ_s) est le quotient de la masse de ces particules solides (m_s) par leur volume (v_s). $\rho_s = m_s / v_s$

→ Masse volumique des sols fins :

L'essai détermine la masse volumique des sols fins d'un échantillon prélevé sur site dans le sol en place ou dans un remblai ou préparé en laboratoire selon processus défini.

La masse volumique des sols fins est un paramètre d'état. Utilisé avec la teneur en eau et la masse volumique des particules solides, il permet de déterminer l'indice des vides, la porosité, le degré de saturation et la masse volumique du sol sec

La masse volumique d'un sol (ρ) est le quotient de la masse (m) du sol par le volume (v) qu'il occupe (y compris les fluides qu'il contient). $\rho = m / v$

→ Limites d'Atterberg :

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

Limites d'Atterberg (limite de liquidité, Limite de plasticité) : teneur en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol.

Limite de liquidité (W_L) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquides et plastiques.

Limite de plasticité (W_P) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.

L'indice de plasticité (I_P) : différence entre les limites de liquidité et de plasticité

$$I_P = W_L - W_P$$

→ Analyse granulométrique (tamisage à sec) :

Analyse granulométrique par tamisage consiste à déterminer les propriétés de grains de différentes tailles dans le sol dont le diamètre est supérieure à 80μ . elle se fait avec des tamis de mailles carrées dont elles sont en progression géométrique $\sqrt[10]{10}$. on appelle module d'un tamis de maille a : $m = 10 \log a + 1$.

→ Analyse granulométrique (par sédimentométrie) :

L'analyse granulométrique par sédimentation est un essai géotechnique qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol et qui peut être nécessaire à sa classification.

→ **Teneur en carbonates :**

L'essai consiste à déterminer le volume de dioxyde de carbone (CO₂) dégagé sous l'action d'acide chlorhydrique en excès (dans des conditions de température et de pression atmosphérique connues) par un échantillon préparé pour l'essai.

→ **Équivalent de sable :**

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent. La valeur de l'équivalent de sable (ES) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du floculat et de la partie sableuse sédimentée.

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

→ **Essai au bleu de méthylène :**

L'essai au bleu de méthylène est déterminé de la valeur de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux.

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) mesure la capacité d'absorption d'un sol ou d'un matériau rocheux.

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache.

L'absorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tache.

Tableau 9.5 Essais d'identification en laboratoire sur les échantillons prélevés dans les sondages carottés

Sondage	PK(m)	Profondeur(m)	w _n (%)	w _L	I _p	I _c
P 27	170+200	0.00 – 0.6	2.53	18.31	4.88	3.23
		0.6 – 1.00				
		1.00 – 3.00				
P 28	172+50	0,00 – 0,01	1.03	30.87	17.24	1.73
		0,01 – 0.5				
		0.5 – 1				
		1 – 2.5				
P 29	173+600	0,00 – 0,01	6.85	41.10	19.52	1.75
		0,01 – 1,00				
		1–2.5				
P30	175+500	0.00–0.03	23.63	73.60	43.96	1.14
		0.03 –1.00				
		1.00–1.8				

B. Les essais mécaniques :

➔ Essai Proctor normal et modifié :

Les caractéristiques de compactage Proctor sont des paramètres très utilisés pour identifier les matériaux et pour définir les spécifications de compactage qui leur sont applicables lorsqu'ils sont utilisés dans la construction des remblais et des couches de forme.

Les caractéristiques de compactage Proctor d'un matériau sont déterminées à partir des essais dits : Essai Proctor normal ou Essai Proctor modifié.

Les deux essais sont identiques dans leur principe, seules diffèrent les valeurs des paramètres qui définissent l'énergie de compactage appliquée.

Le principe de ces essais consiste à humidifier un matériau à plusieurs teneurs en eau et à le compacter, pour chacune des teneurs en eau, selon un procédé et une énergie conventionnels. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérées, on détermine la masse volumique sèche du matériau et on trace la courbe des variations de cette masse volumique en fonction de la teneur en eau.

D'une manière générale cette courbe, appelée courbe Proctor, présente une valeur maximale de la masse volumique du matériau sec qui est obtenue pour une valeur particulière de la teneur en eau. Ce sont ces deux valeurs qui sont appelées caractéristiques optimales de compactage Proctor normal ou modifié suivant l'essai réalisé.

➔ **Portance CBR imbibé et immédiat :**

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 modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

➔ **Essai Los Angeles :**

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 réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

➔ **Essai Micro Deval :**

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.

➔ **Essai œdométrique :**

L'essai de compressibilité à l'oedomètre «**Essai œdométrique**» a pour objet essentiel d'étudier la consolidation de sols intacts ou remaniés, soumis à des charges verticales, drainés suivant cette direction et maintenus latéralement par une paroi rigide.

Tableau 9.6 les essais mécaniques sur les sondages 67 et 68

Sondage N°	Prof. (m)	Propriétés Physiques							Analyse granulométrique				Cisaillements	
		γ_s	W _N (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)	γ_{humid} (kN/m ³)	$\gamma_{sèche}$ (kN/m ³)	2mm (%)	0,2 mm (%)	0,08m m (%)	2 μ (%)	C (kPa)	φ (degré)
SOD-067	17.80~18.50	2,630	18,80	53,83	28,93	24,90	21,00	17,60	100,0	100,0	90,5		577,0	28,3
SOD-068	10.30~11.00	2,530	13,00	28,94	17,27	11,67	21,10	18,60	100,0	84,0	64,0		463,8	61,6

1.Introduction :

Avant de commencer l'étude de la stabilité il sera nécessaire de connaître les Caractéristiques du massif :

- Géométriques
- Physiques
- Mécaniques

2. Les forces qui agissent sur une masse de sol

Quelle que soit leur inclinaison, tous les talus tendent à se déplacer vers le bas, afin que les forces qui régissent leur stabilité soient en équilibre. Pour vérifier la stabilité, on doit analyser les forces en présence :

- **La force motrice** : cette force est Le poids de toute la masse considérée
- **La force stabilisatrice** : la somme des forces de résistance au glissement du sol selon un plan de glissement défini, telle que :

- Cohésion.
- Frottement.

3. Les types de glissements

Les sols pulvérulents ayant une structure à grains uniques, la résistance au cisaillement y est assurée par le frottement et l'enchevêtrement. Chaque particule doit donc être en équilibre pour que le talus soit complètement stable.

Au contraire, dans les sols cohérents (sols argileux, marneux, limoneux...), la cohésion fait que les ruptures ne surviennent pas en surface, par cisaillement des couches superficielles, comme dans les sols pulvérulents. Elles se produisent plutôt par glissement selon des plans de cisaillement dont l'emplacement, la configuration, la forme et la position dans les dépôts ne sont pas connues. Ces glissements de terrain peuvent suivre des plans de cisaillement **rectilignes, circulaires, ou aléatoires**

4. Le coefficient de sécurité

Le coefficient de sécurité d'un talus est le rapport de la force stabilisatrice sur la force motrice, ou du moment stabilisateur sur le moment moteur.

$$FS = M_s / M_r$$

- Un talus dont le $F_s < 1,0$ est jugé instable.
- Le talus qui a un coefficient de sécurité entre **1** et **1,2** est à la limite de la stabilité.
- Si le coefficient de sécurité minimum est **supérieur à 1,5** ; présente une stabilité adéquate.

Si l'on juge que la stabilité du talus est précaire, il faudra stabiliser celle-ci.

Il existe plusieurs façons de le faire :

- On charge le pied de la pente.
- Décharger le haut de la pente.
- Réduire l'inclinaison de la pente.
- Mettre en place un système de drainage afin d'abaisser le niveau de nappe phréatique.
- Construire un mur de soutènement.

5. Détermination de facteur de sécurité

Pour connaître le coefficient de sécurité réel d'un talus, il faut définir le cercle donnant la valeur minimale de F . C'est en effet le long de cette surface de glissement que la rupture se produira.

Il n'y a pas de méthode précise pour définir ce cercle.

La méthode générale consiste à calculer le coefficient de sécurité pour un nombre suffisant de cercles en quadrillant les surfaces de rupture géométriquement compatibles avec la topographie des lieux.

Dans le cas générale, il n'y a une infinité de possibilités car :

- Pour un cercle donné, on peut faire varier le rayon du cercle
- La position du cercle peut varier dans le sens horizontal et dans le sens vertical.

6. Méthode de calcul

Les méthodes de calcul de coefficient de sécurité se différencient selon le choix de la surface de rupture, la détermination de la répartition des contraintes, la définition du coefficient de sécurité et la vérification ou non de l'équilibre.

On peut classer ces méthodes schématiquement en deux groupes :

Les méthodes qui concèdent la "masse libre", en faisant des hypothèses

quant à la distribution des contraintes normales de la surface de rupture. Il s'agit des méthodes globales tels que :

- Méthode du cercle de Frottement (Taylor).
- Méthode de Caquot.
- Méthode de Biarez.

Ces méthodes sont utilisées seulement avec de surfaces de rupture circulaire, ou de simples lignes droites.

Les méthodes des tranches, où la masse libre est divisée en de nombreuses tranches verticales et l'équilibre de chaque tranche est considéré.

Parmi ces méthodes on peut distinguer :

- Méthode de Fellenius (1927)
- Méthode de Bishop (1955)
- Méthode de Morgenstern et Price.

Pour la stabilité du remblai avant l'incorporation de l'armature de renforcement, le but de cette analyse est de localiser les surfaces de rupture éventuelles.

Pour cela on va étudier la stabilité du remblai par la méthode manuelle qui est l'abaque de TAYLOR, et automatique par le logiciel TALREN4.

7.La vérification du glissement de remblai :

7.1. Analyse manuelle de stabilité des talus (l'abaque de TAYLOR) :

Dans notre cas, nous avons pris le profil qui présente la hauteur la plus importante avoisine les 5.61 m.

➔ Vérification manuel :

Les caractéristiques physico-mécaniques de notre remblai sont :

- $c_u = 0.25$ bars.
- $\varphi_u = 22^\circ$
- $\gamma_R = 1.8$ t/m³

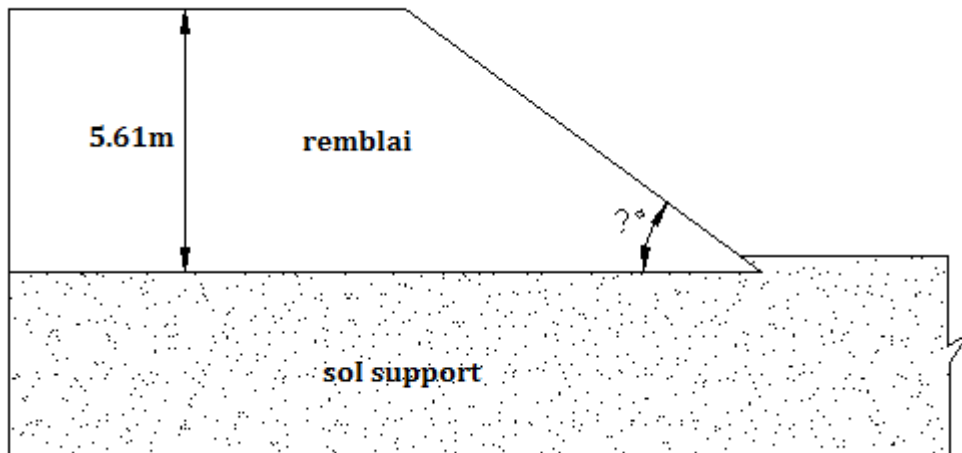


Figure 1

Pour notre cas, on a fixé le coefficient de sécurité F_s à 1,5 (en assurant la stabilité) et on procède au calcul de la pente du talus correspondante.

Donc, $F = 1,5$.

$$\text{On a : } \frac{C_c}{\gamma \times H} = \frac{C}{\gamma_R \times H \times F} = \frac{0.25}{18 \times 5.61 \times 1.5} = 0.0016.$$

$$\text{et } \varphi_u = 22^\circ$$

D'après l'abaque de Taylor l'angle de talus est d'environ de **24°** par rapport l'horizontal.

7.2. Analyse automatique de la stabilité des talus (logiciel TALREN 4) :

7.2.1. Présentation de logiciel du calcul :

TALREN 4 permet la vérification de la stabilité des ouvrages géotechniques, avec ou sans renforcements : talus naturels, remblais, barrages et digues ; ouvrages renforcés par tirants précontraints, clous, pieux et micropieux, géotextiles, géogrilles, terre armée et bandes de renforcement.

Ces points forts :

- Gestion du phasage : vérification de toutes les phases d'un projet dans un même fichier.
- Moteur de recherche automatique des cercles.

- Méthode du calcul à la rupture (spirales logarithmiques).
- Nombreux assistants : abaques pour q_s (Clouterre), coefficients partiels prédéfinis...
- Moteur de calcul validé par 20 ans d'utilisation en exécution.

7.2.2. Résumé des données d'entrée et résultat de calcul :

Les paramètres géotechniques et géométriques du remblai, et du sol support sont:

le remblai: $C=25\text{kpa}$, $\varphi_R = 22^\circ$ et $\gamma_R = 18.55\text{KN/m}^3$.

Le sol support : $C=577\text{kpa}$, $\varphi_R = 28.3^\circ$ et $\gamma_R = 17.6\text{KN/m}^3$

➔ Vérification pour $H=5.61$:

La vérification faite en utilisant le logiciel TALREN4 pour le cas le plus défavorable, en considérant la nappe phréatique à la surface du terrain naturel (sol support).

Un angle de 24° nous donne un coefficient de sécurité très grand avec une base de talus très large. Pour remédier à cela nous avons procédé par itération jusqu'à atteindre un angle de 33.69° et un coefficient de sécurité convenable avec diminution de la quantité du remblai.

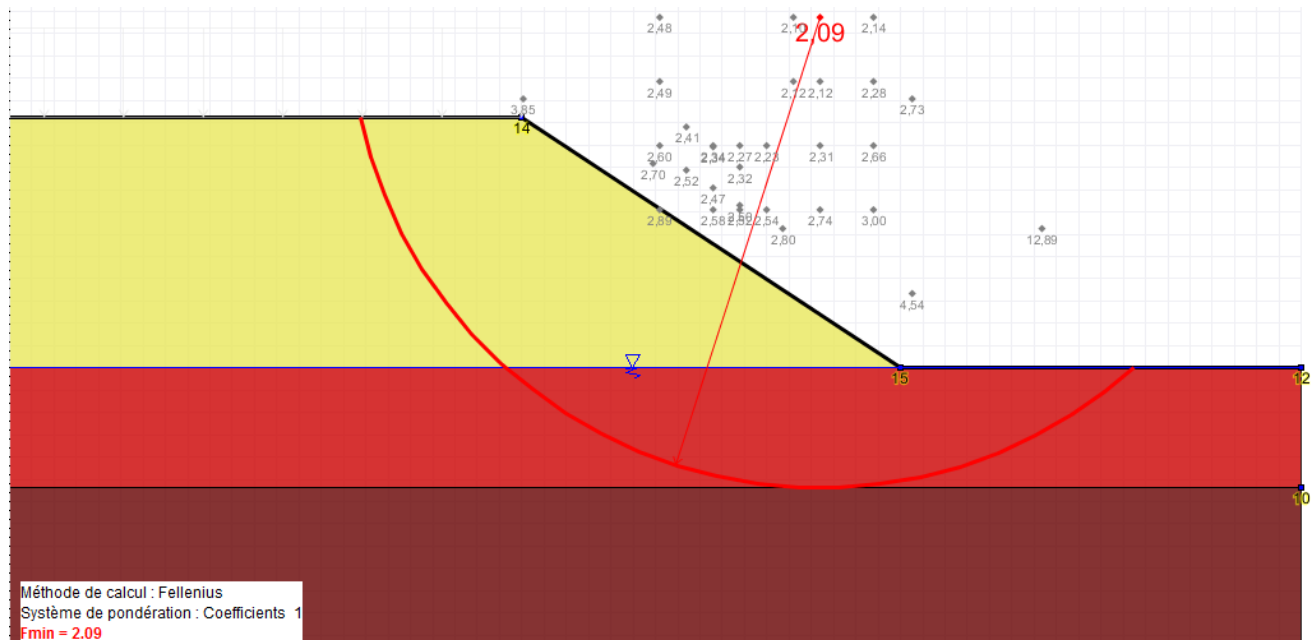


Figure 1 : Schémas représentant la pente du talus d'une hauteur de 5.61m.

La modélisation du géogrille a été conçu comme un ancrage d'effort à la traction égale à celle du géogrille c.à.d. 58 KN/m.

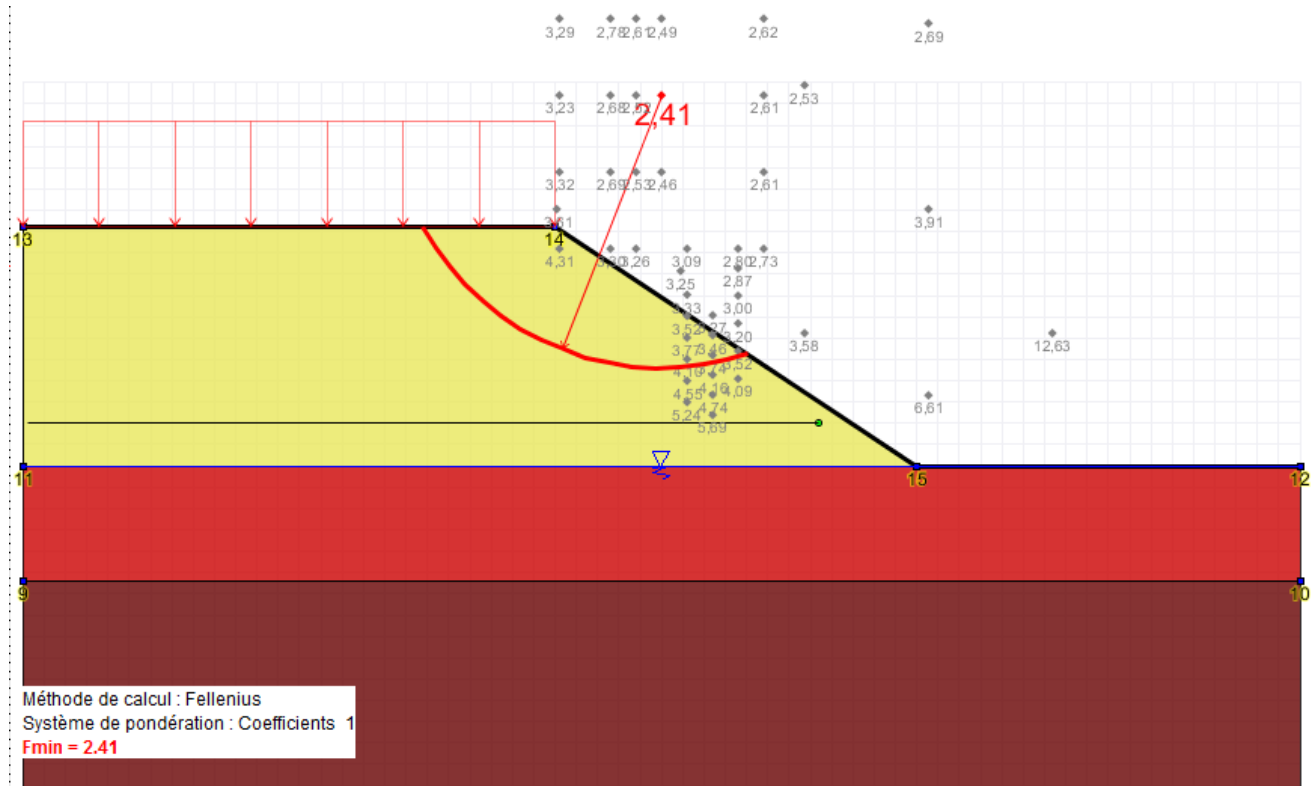


Figure 3: Talus renforcé par géogrille modélisé après glissement

8.Conclusion :

D'après la méthode manuelle de TAYLOR, nous avons obtenu un angle de talus égal à 24° pour un coefficient sécurité de 1,5.

Puis, à l'aide du l'outil informatique (le logiciel : TALREN4 qui est basé sur l'analyse des méthodes Bishop, Fellenius, perturbation), nous avons obtenu des résultats plus satisfaisants, un angle de talus égal à 33.69° et un coefficient de sécurité de 2.09.

1. Introduction :

À proximité de cours d'eau, sur des sols alluvionnaires constitués d'argiles et vases de faibles portances, saturées en eau et de faible consistance.

Dans la zone inondable, où en général les sols superficiels sont déstructurés par les cycles et variations du niveau d'eau et nécessitent la plupart du temps un remblaiement général du site pour mettre hors d'eau les constructions

Ces contraintes sont impératifs conduisent en général à une situation de construction de remblai sur sol peu portant, nécessitant la mise en œuvre de techniques et procédés de renforcement particuliers

2. Les limites de la zone inondable :

Notre tracé traverse la zone inondable sur une longueur de 0.720 KM(PK 173+980 Au PK174+700)

3. Solution de remblaiement en zones inondables et la protection des talus :

D'après les enquêtes in situ et les calculs hydrologiques, il y a une zone inondable sur le présent tronçon.

La mise en place du remblai sur la zone inondable pose beaucoup de problèmes.

D'après la recherche, on a essayé d'utiliser deux techniques:

- Technique nouvelle « géotextile - géogrille ».du 175+800 jusqu'à la fin du tracé.
- Technique traditionnelle «enrochements ».du (PK 173+980 jusqu'à PK174+700)

3.1. Technique traditionnelle «les enrochements » :

Le BV 46 présentent un débit de $464,95\text{m}^3/\text{s}$ qui se propage sur une surface de $2463,64\text{KM}^2$

Donc, pour protéger l'autoroute contre l'effet des eaux « l'inondation » et Les crues du bassin versant les enrochements est la meilleure solution. D'une part, elle est économique et d'autre part elle est pratique.

➔ Exigence technique sur les matériaux rocheux non sensibles à l'eau :

Il est donc nécessaire de caractériser les matériaux rocheux vis-à-vis de ces aspects à partir de différents paramètres, dont les suivants sont considérés comme les plus représentatifs.

- Un gravier propre non altéré ou de grave concassée à granulométrie.
- La taille maximale des grains $\leq 500\text{mm}$ et elle ne doit pas dépasser $2/3$ de l'épaisseur de la couche compactée.
- Le coefficient de dégradation $DG < 5$.
- Le coefficient de fragmentabilité $FR \leq 7$: Roche peu fragmentable.

→ **Exigence des matériaux de deuxième partie du remblai :**

Il n'y a pas de section en déblai dans notre tronçon étudié, le volume de décapage sera déposé provisoirement sur les deux côtés du tracé pour être réutilisée au reboisement de la plate-forme.

Donc, le recours à l'utilisation d'un matériau d'emprunt pour l'édification de nos remblais est indispensable, pour ce faire, on utilisera le TUF de la carrière dont le poids volumique est de 1.8 t/m^3

3.1.1. Le principe de cette technique :

Après les études géotechniques et la conception du renforcement de remblai de la route qui traverse cette zone la procédure d'exécution des travaux des matériaux non sensibles à l'eau est basée sur les étapes suivantes :

Décapage → remblai rocheux → compactage → test → remblai prochain.

3.1.2. Les exigences sont les suivantes :

Etape 1 : Décapage :

Une couche de 20cm de la terre végétale doit être décapée. La terre végétale décapée est stockée avec concentration dans le dépôt provisoire pour la réutilisation dans la protection des bermes, de talus et des banquettes de plate-forme avec de la végétation.

Etape 2: Remblai rocheux :

Dans cette partie La hauteur des eaux de stockage est environ de 40~130cm, donc La couche d'enrochement qui est mise en place est de 2.00m d'épaisseur, Ancré dans le sol sur 20cm de profonde. « Le décapage »

Une couche de 50cm d'enrochement ajoutée est suffisante pour éviter toutes remontées capillaires.

Après la mise en place de 2,00m d'enrochement, on ajoute une couche de GNT pour remplir le vide entre les éléments rocheux.



FIGURE 1 photo d'exécution d'un remblai rocheux

Etape 3 : Compactage :

Après le décapage de la terre végétale, le fond du remblai doit être arrosé et compacté rapidement, on doit prendre des mesures provisoires de drainage pour prévenir la dégradation de plate-forme causée par l'eau.

Le remblai doit être compacté avec les rouleaux compresseurs lourds.



Figure 2 photo prise d'un compactage

Etape 4-Les méthodes de contrôle :

Les essais de contrôle adoptés sont : essai gamma-densimètre, essais de plaque et essais de déflexion.

Le contrôle du compactage par mesure du module de déformation selon la norme NFP 94-117-1 (modules EV1 et EV2) ou par mesure de la densité sèche au gamma-densimètre. Les paramètres sont résumés dans le tableau suivant 11.2:

Tableau : 11.2

Type d'ouvrage	Essai de plaque		Déflexion (1/100 mm)	Densité sèche γ_d
	EV2	EV2/EV1		
Remblai	≥ 50 MPa	< 2	≤ 250	$\gamma_{dfc} \geq 95\% \gamma_{dopn}$ $\gamma_{dmoy} \geq 97\% \gamma_{dopn}$

Dont, γ_{dmoy} : densité sèche moyenne sur la couche

γ_{dfc} : densité sèche en fond de couche (8 cm inférieurs).

Si le compactage est conforme aux critères requis après l'essai, la deuxième couche de remblai rocheux peut être réalisée conformément à la même procédure d'exécution des travaux de la première couche.

3.2. Pré dimensionnement des enrochements de protection:

3.2.1. Le poids de la couche de protection principale (w) :

D'après la formule d'**Hudson** on a :

$$W = \frac{(\gamma_s \times H_s^3)}{K_D \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)^3} \cotg \alpha$$

W: poids des blocs de la carapace (t)

γ_s : poids spécifique des blocs de la carapace (t/m³) $\gamma_s = 2.65$ t/m³

γ_w : Poids spécifique de l'eau $\gamma_w = 1.00$ t/m³

α : L'angle formant le parement Du talus avec l'horizon (degré), on la prend $\cotg \alpha = 3/2$

KD : coefficient de stabilité des blocs (KD = 8)

Hs : hauteur significative de la houle de projet (m), elle est de Hs = 0.30 m

A.N:

$$W = \frac{(2.65 \times 0.30^3)}{8 \times \left(\frac{2.65}{1} - 1\right)^3} \times \frac{3}{2} \Rightarrow W = 2.98 \times 10^{-3} \text{ t}$$

$$\Rightarrow W = 2.98 \text{ kg}$$

Pour le poids final, on prend en timent compte le phénomène d'érosion des enrochements, on prend **W = 5 Kg**

3.2.1.2. Le diamètre de l'enrochement

L' d'une couche dépend de la nature des blocs qui la composent et du nombre de lits, on utilise la formule suivante:

$$d = n_1 \times c \times \left(\frac{w}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}}$$

d: diamètre de l'enrochement

n_1 : Nombre de lit de l'enrochement, soit $n_1=2$.

c : coefficient de couche, $c = 1.02$.

W : poids des enrochements, $W=5$ Kg.

γ_s : poids volumique des éléments considérant, $\gamma_s=2,65$ t/m³.

A.N

$$d=2 \times 1.02 \times \left(\frac{5 \times 10^{-3}}{2.65}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow d = 0.25 \text{ cm}$$

Donc on prend la couche principale des enrochements

$$200 < \Phi < 300 \text{ mm}$$

3.2.1.3. Calcul de nombre de blocs par unité de surface:

On a:

$$N_s = n_1 \times c \times x - (1-p) \times \left(\frac{\gamma_s}{W}\right)^{2/3}$$

A.N.

$$N_s = 2 \times 1.02 \times x - (1-0.46) \times \left(\frac{2.65}{5 \times 10^{-3}}\right)^{2/3}$$

$$\Rightarrow N_s = 72.14 \text{ par unité de surface de talus (1m}^2\text{) blocs par m}^2.$$

3.2.1.4 La sous-couche:

$n=1$, $\gamma_s=2,65$ t/m³, $c=1,15$, $p=37$ %

le poids de la sous couche :

$$W_1 = \frac{W}{10}$$

$$W_1 = \frac{5}{10} \Rightarrow W_1 = 0.5 \text{ Kg}$$

$$d=1 \times 1.15 \times \left(\frac{0.5 \times 10^{-3}}{2.65}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow d = 0.065 \text{ m} \Rightarrow d = 7 \text{ cm}$$

Donc on prend la couche sous couche des enrochements $\Phi < 100$ mm

4. Technique nouvelle « Géotextile - Géogrille » :

Ce tronçon présent une hauteur des eaux de stockage est à peu près de 30~60cm

A cause de La faible portance du sol et la présence d'eau en surface qui pose de sérieuses difficultés de mise en œuvre et de stabilité du remblai routier. L'utilisation des géo synthétiques (géotextile de séparation et géo grille) est favorisée.

4.1. Géotextile :

Les géotextiles sont des produits tissés, non tissés, ou tricotés, perméables, fabriqués à base de polymère et utilisés dans les domaines de la géotechnique et du génie civil. La fonction du géotextile dans le sol peut être la séparation, le drainage, la filtration, et aussi le renforcement.

Les géotextiles tissés sont produits par entrelacement, habituellement à angle droit, de deux ou plusieurs faisceaux de fils, de filaments, de bandelettes ou d'autres éléments.

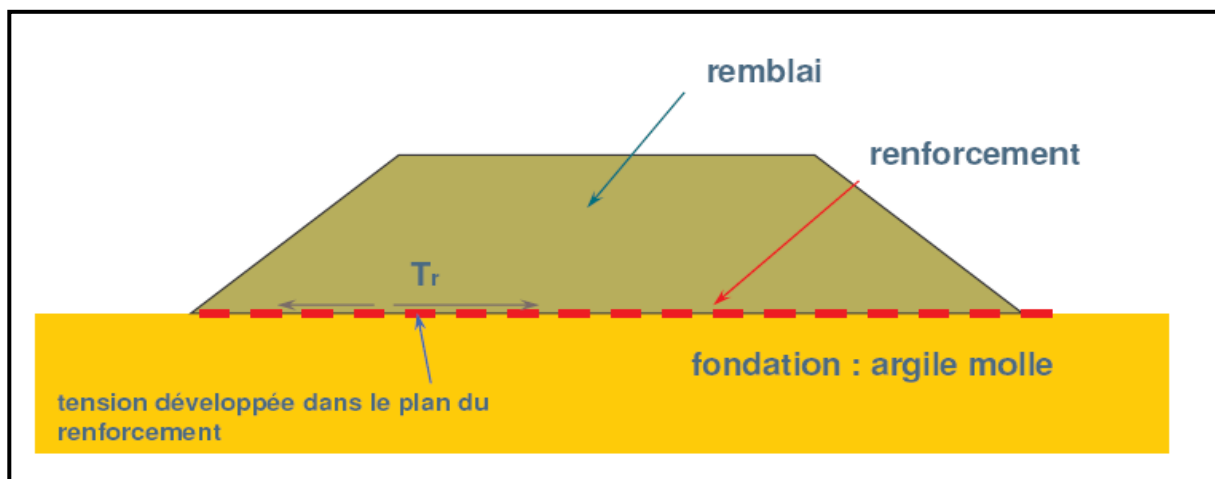


Figure 3 : la séparation et le renforcement par géotextile

➔ Spécification des propriétés de déformation et de résistance :

Après la comparaison avec des normes des quatre pays qui avaient des normes de ce type (Allemagne en séparant tissés et non tissé, Finlande, suisse et Norvège), bilvet propose de retenir un diagramme qui distingue sept classes (comme en suisse) de géotextile pour les applications en séparation. Les courbes de séparation sont des branches d'hyperbole, qui sont limitées pour les fortes valeurs de l'allongement par une valeur minimale de la résistance à la traction (Différente pour chaque courbe) ces courbes ont été limitées à une déformation minimale de **12%** dans le projet de recommandation de 2001. Elle correspond très bien à une énergie qui serait associé à une déformation Linéaire du géotextile jusqu' à la rupture.

D'après l'abaque qui (figure 4) on peut déterminer la valeur de traction selon l'indice de comportement mécanique ICM.

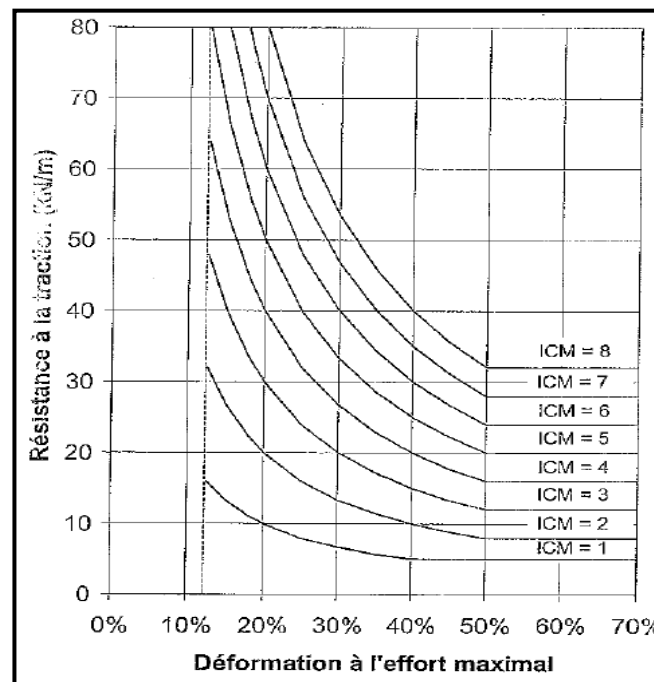


Figure 4 :l'abaque de la traction du géotextile

→ **Résistance de Géotextile à la traction : le cursus :**

La traction de géotextile est en fonction de sa déformation

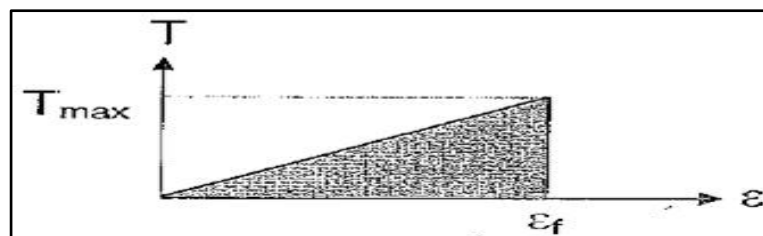
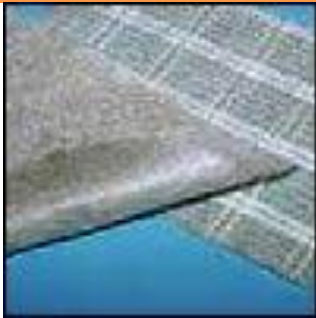


Figure 5 : La variation linéaire de la traction en fonction de la déformation

→ **Les types de Géotextiles :**

La fonction de géotextile dans le sol en fonction de son rôle, peut-être la séparation, le drainage, la filtration, et aussi le renforcement.

		
Géotextiles de filtration	Géotextiles de protection	Géotextiles de renforcement
		
Géotextiles anti-fissuration	Géotextiles de séparation	Géotextiles de drainage

:

Les géogrilles sont des géo synthétiques dont la fonction est le renforcement des sols.

Une géogrille est une structure plane à base de polymère, constituée par un réseau ouvert et régulier d'éléments résistants à la traction et pouvant être assemblés par extrusion, par collage ou par entrelacement, dont les ouvertures ont des dimensions supérieures à celles des constituants et permettant le confinement du sol

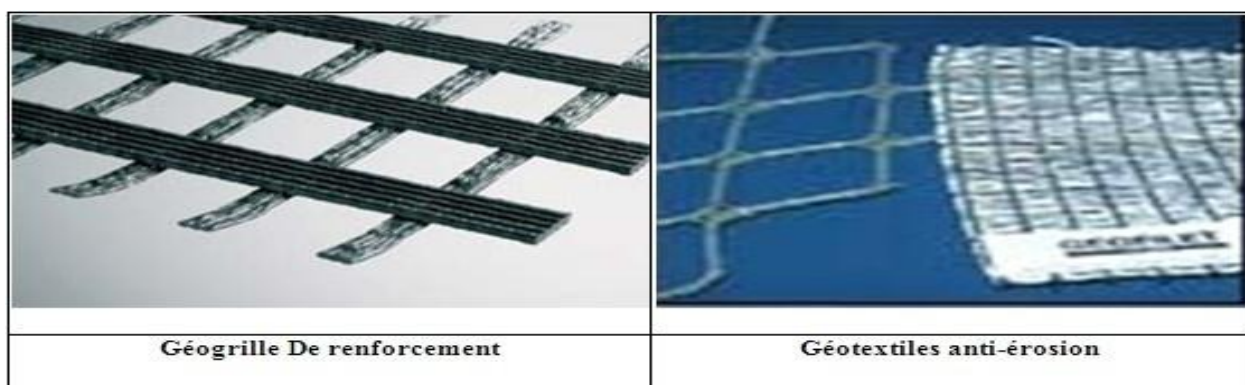
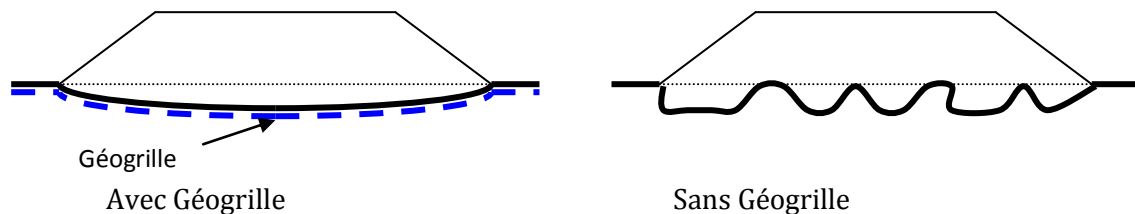


Figure 6

→ **Influence de la Géogridde sur les tassements :**



4.2.2. Méthodologie de la réalisation du remblai :

Après les études géotechniques et la conception du renforcement de remblai de la route qui traverse cette zone. La méthode de réalisation de ce remblai est basée sur les étapes suivantes :

Etape 1 : Préparation du site :

La préparation du site s'effectue selon les moyens usuels de telle façon à assurer une surface plane dégagée de toutes cavités et apports végétaux.

Etape 2 : Pose des Géotextiles de séparation :

Etalage du Géotextile de séparation de résistance à la traction en déroulant les rouleaux de 200 m de long et 6 m de large sur l'emprise du sol support avec un recouvrement longitudinal minimal 1m, et transversalement au minimum de 50 cm, ces recouvrement ont un rôle d'assurer un comportement uniforme.



Figure 7 : Pose des Géotextiles de séparation

- Une charge des Géotextiles doit être effectuée avant le remblaiement pour assurer la stabilité de ces nappes contre les effets de vent et les écoulements.

Etape 3 : Mise en place de la 1^{ère} couche de remblai :

La Mise en place d'une couche de remblai à l'aide d'une niveleuse ou d'un bull. Cette couche est probablement voisine de 30 cm mais à adapter en fonction de la réponse du terrain.

- Dans la mise en œuvre de la première couche de remblai qui est sur le géotextile, on utilise un rouleau cylindrique.
- Il faut éviter les fausses manœuvres et le freinage brusque.
- Donc le nivellement et réglage de la surface avec un compacteur cylindre sans vibrations.



Figure 8 : Mise en place de la 1^{ère} couche du remblai

Etape 4 : Pose du Géogrille de renforcement :

La Mise en place de la géogrille de traction et dans le sens traverse bien tendue afin de mobiliser sa résistance dès les premiers déplacements du matériau composite (sol-géogrille). Dans cette étape, l'installation de la géogrille en déroulant des rouleaux de 100 m de long et de 5.10 m de large doit se faire en respectant bien les recouvrements minimaux (élimination des plis, légère mise en tension manuellement du produit).

Le recouvrement et le décalage, minimaux doivent être respectés de telle façon :

- Recouvrement transversal ≥ 30 cm.
- Recouvrement Longitudinale ≥ 1 ml.



Figure 9 Recouvrement du géogrille

Etape 5 : Mise en place du remblai supérieur couche par couche :

La Mise en œuvre du remblai supérieur par couches successives de 30 cm compactées à un taux de 95% de l'OPM jusqu'à l'obtention de la hauteur. On doit veiller à ne pas générer de plis dans la géogrille lorsqu'on pousse la première couche de matériau de remblai.

- Les matériaux devront être des granulaires insensibles à l'eau.
- Epannage des remblais sur les géogrilles de renforcement de telle façon à :
 - 1) Assurer une épaisseur de 30 cm.
 - 2) Annuler les gros éléments.
 - 3) Assurer un léger compactage.



Figure 10 : La mise en place des remblais

Etape 6 : Contrôle du compactage :

Le contrôle du compactage s'effectue par des essais tel que :

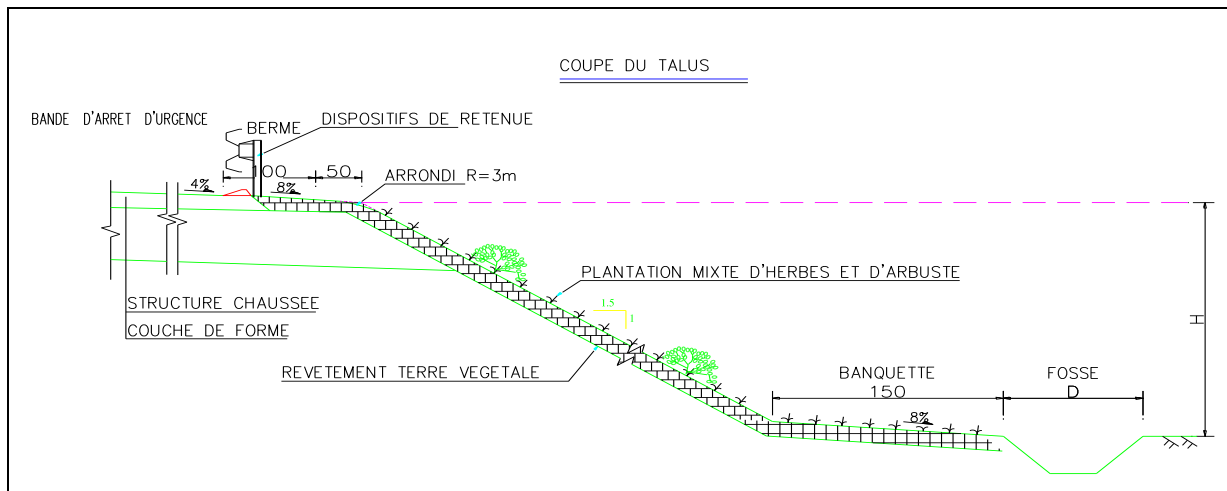
- l'essai à la plaque.
- Le gamma densitomètre.

➤ **Protection des talus :**

Le type de protection des talus est déterminé en fonction de la hauteur et la pente des talus ainsi que du type d'assainissement de la chaussée, etc.

En section courante, la protection des talus est réalisée par une plantation mixte d'herbes et d'arbuste, avec un remblai de substitution en terre végétale de 20cm.

Une couche de terre végétale sera étalée sur la berme pour favoriser un enherbement.



5. Les caractéristiques de chaque technique :

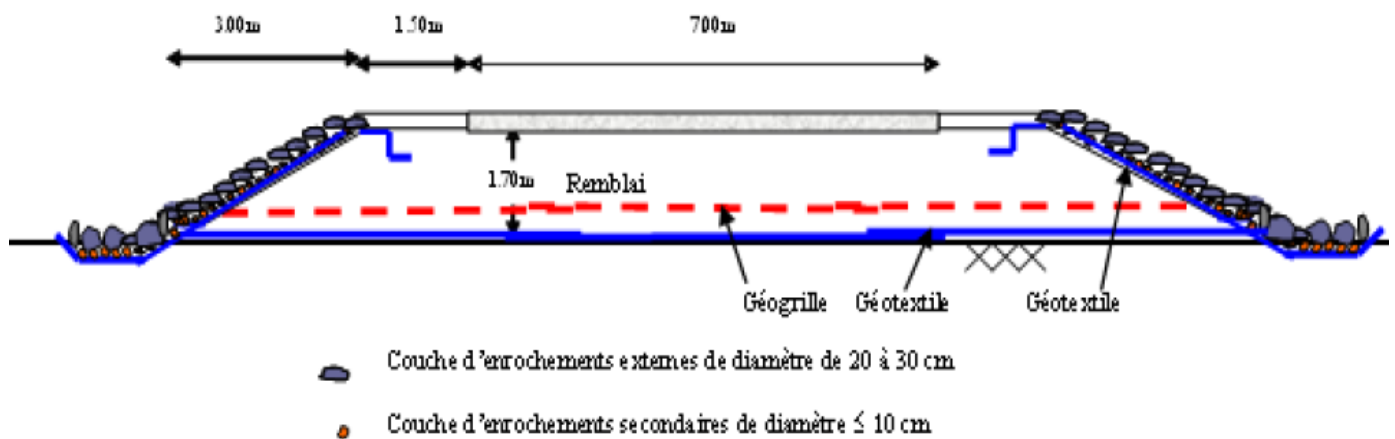
Paramètre	La nouvelle technique (géotextile -géogridle)	Technique traditionnel (l'enrochement)
Epaisseur	Faible Quelques centimètres	Elevée Plusieurs dizaines de centimètres
Résistance à la traction	$\geq 5\text{ kN/m}$	Nulle
Allongement à la rupture	$\geq 50\%$ -	-----
Transmissivité	Fonction de la densité des mini drains	Invariable
Uniformité	Masse surfacique et épaisseur contrôlées en usine	Granulométries variables suivant les sources d'emprunt.
Durabilité	-Pas de risque d'altération par les rayons UV lorsqu'il est protégé -Chimiquement inerte (tous les éléments constitutifs sont en Polypropylène)	Complètement inerte.
Mise en place	-Facilité et rapidité de mise en œuvre -Gain de terrassement.	- Facilité et rapidité de la mise en œuvre

6. Conclusion :

Suite à la contrainte de la zone très inondable du (pk 173+600 au pk 174+900) on a choisi de faire une conception du renforcement du remblai comme suit :

- Séparation à la base par des géotextiles de séparation
- Renforcement par géogrille au-dessus de la première couche de remblai
- Séparation latérale sur les talus par des géotextiles de séparation.
- Protection des talus contre l'effet des vagues par des enrochements comme suite :
La couche de protection principale avec des enrochements de $200 < \Phi < 300 \text{ mm}$

La sous couche avec des enrochements $\Phi < 100$.



1. Introduction :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention d'un bon tracé et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions extérieures (gradients thermiques, pluie, neige, verglas...etc)

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

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

Pour cela, on appliquera les deux méthodes les plus appliquées en Algérie, à savoir :

- La Méthode CBR,
- La Méthode du catalogue de dimensionnement Algérien,

Par conséquent, on effectuera une analyse comparative des deux méthodes et le choix du corps de chaussée à adopter à notre projet sera retenu respectivement selon les critères géo-mécaniques et économiques.

2. La chaussée :

2.1. Définition :

Au sens structural, une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans des conditions de confort et de sécurité voulues, et de reprendre les contraintes provoquées par les charges extérieures et de les répartir sur le sol- support de façon à ne pas provoquer de déformations excessives. Cet aspect se traduit, sur le plan mécanique, par le comportement des différentes couches composant la structure de la chaussée.

2.2. Les différents types de chaussée :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

a)-Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs:

-les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.

-les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons

Souples entre les grains de matériaux pierreux.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les trois couches suivantes :

- **Couche de surface :**

Composée en générale d'une couche de roulement et d'une couche de liaison

La couche de surface constituant la chape de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

- **Couche de base :**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartir les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 20 et 30 cm.

- **Couche de fondation :**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base. L'épaisseur de la couche de fondation varie entre 31,5 et 40 cm

- **Couche de forme :**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les assises de chaussée.

La couche de forme est prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature de sol support :

- Sur un sol rocheux, la couche de forme aura un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface avant de mettre en œuvre la couche de fondation.
- Sur un sol peu portant, la couche de forme est mise en œuvre essentiellement pour assurer une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

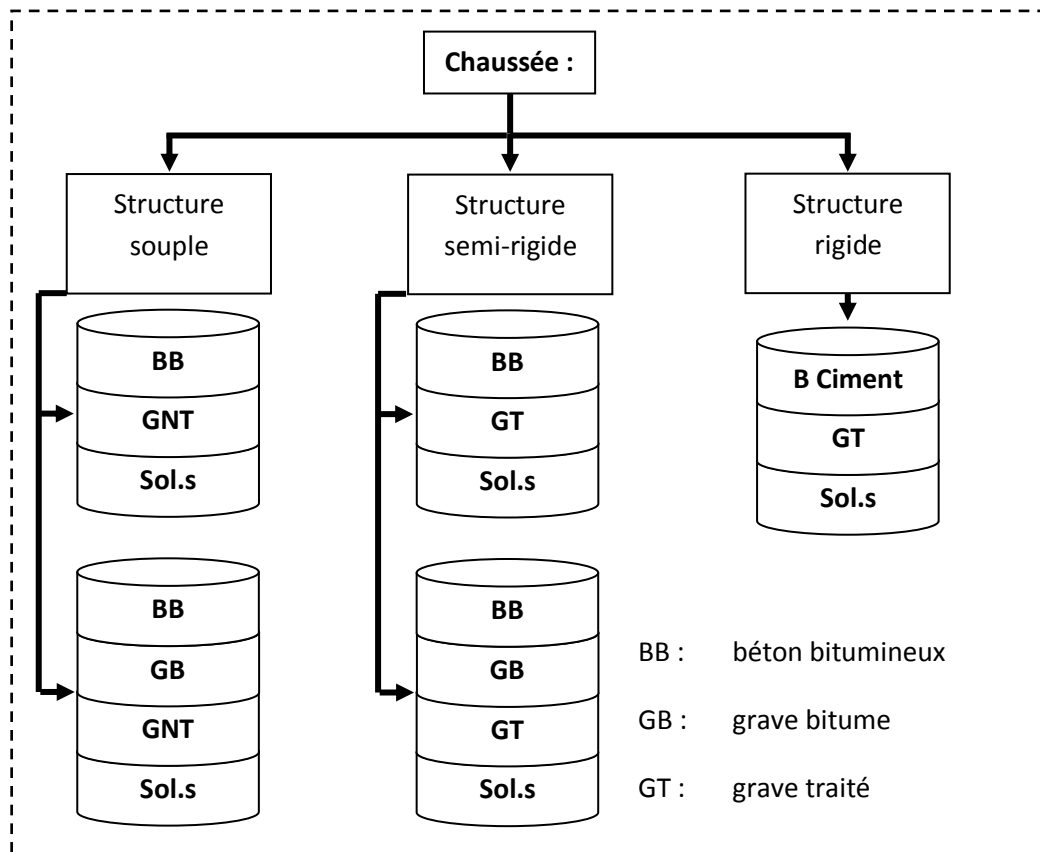
b)-Les chaussées semi-rigides

Elles comportent une couche de base (et quelque fois une couche de fondation) traité au liant hydraulique(ciment).

c)- Chaussée rigide

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

Schéma récapitulatif :



3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Le trafic.
- La durée de vie.
- Les données climatiques.
- Le sol support de chaussée.
- Le risque de calcul considéré.
- Les caractéristiques des matériaux.

3.1. 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**.

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré dans le tableau suivant :

Tableau 11.1 Choix des températures équivalentes

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

3.2. Le trafic :

➔ Détermination du type de réseau principal :

D'après le catalogue on a la classification suivante :

$$TJMA_{2011} = 13325 \text{ (V/j)} > 1500 \text{ (V/j)}$$

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

➔ Détermination de la classe de trafic (TPLi) :

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de «**catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001)**».

Le trafic évalué fourni par la DPN (direction du programme neuf) a été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens, soit **0.5**×le trafic par sens unique.

L'évaluation du trafic sur notre section s'exprime sous la forme :

On a :

- Le Pourcentage de poids lourds : $Z = 25.24 \%$.
- Taux de croissance de poids lourds : $\tau = 2.8\%$.
- $TJMA_{2011} = 13325 \text{ V/j}$.
- $TMJA_{PL2011} = 0.2524 \times 13325 = 3363 \text{ PL/j}$.
- $TMJA_{PL2017} \text{ (mise en service)} = 3363 \times (1+0.028)^6 = 3969/\text{j}$.
- $TMJA_{PL2017} = 3969/2 = 1984 \text{ PL/j/sens}$.

Année représentative	Taux PL(%)	TPL (PL/j/sens)
2017	2.8	1984
2027	3	2666
2037	2.8	3514

→ **Le trafic cumulé de poids lourd(TCi) :**

Le TCi est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) est donnée par la formule suivante :

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

→ **Le trafic cumulé de poids lourd(TCi) :**

Puisque nous avons un taux de croissance (PL%) variable donc il faut calculer le trafic de poids lourd cumulé de chaque période.

Tableau 11.2

Période	Taux de croissance PL(%)	TJMA _{PL} (V/J/sens) de l'année de référence	Nombre cumulé PL TC _i (× 10 ⁶)
2017-2027	2.8	1984	8.22
2027-2037	3	2666	11.15
TC₂₀₃₀ = ∑ TC_i			19.37 × 10⁶ PL/J/sens.

→ **Exemple de calcul :**

$$TC_{i2017} = 1984 \times 365 \times \frac{(1+0.028)^{10}-1}{0.028} = 8.22 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

Pour la vérification, compte tenu que l'intervalle du temps est le même et vu que les taux sont différents, on peut utiliser le taux moyen pour le calcul simplifié du trafic cumulé sur la durée de vie de l'ouvrage à savoir :

$$(\tau\% = \sum \tau_i = 2.9) \Rightarrow TCI = 1984 \times 365 \times \frac{(1+0.029)^{20}-1}{0.029} = 19.37 \times 10^6$$

➔ **Le trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$TCE_i = TCI \times A$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.
En fonction de réseau principal RP_i .

Tableau 11.3

Niveau de réseau principal(RP_i)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP_1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

D'après le tableau de «catalogue du dimensionnement algérien») Le coefficient **A = 0.6**.

Donc : $TCE_{i2037} = 19.37 \times 10^6 \times 0.6 = 11.62 \cdot 10^6$ PL/J/sens

➔ **répartition transversale du trafic :**

Nous avons une chaussée unidirectionnelle à 2 voies.

D'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de 90% sur la voie de droite la plus chargée.

Donc : Le calcul du trafic, selon la répartition transversale de la chaussée est :

$$TPL_{2017} = 1984 \times 0.9 = 1785 \text{ (PL/j/sens)}.$$

➔ **La classe de trafic :**

D'après la classification du catalogue de dimensionnement nous sommes dans un réseau principal de classe 1 pour un TPL_6 « **entre 1500 et 3000** » voir le tableau ci-dessous.

$TPL = 1785 \text{ (PL/j/sens)}$ —————> La classe de trafic est **TPL_6** .

Tableau 11.4 Classe TPLi pour RP1 :

TPL_i	TPL₃	TPL₄	TPL₅	TPL₆	TPL₇
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

→ **Le risque de calcul :**

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **5%**.

Tableau 11.5

	CLASSE DE TRAFIC	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
RISQUE (R%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

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

1) Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tableau 11.6

Portance (S_i)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

2) classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante : $E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR}$.

Tableau 11.7

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

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot I_{\text{CBR}} = 50 \text{ (MPa)}.$$

$50 < 125 \longrightarrow$ la classe de portance de sol support est de classe **S₂**.

3) Choix des différentes couches constituant de la chaussée :

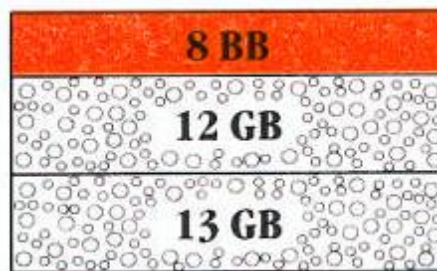
Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GB.

4) Choix de dimensionnement :

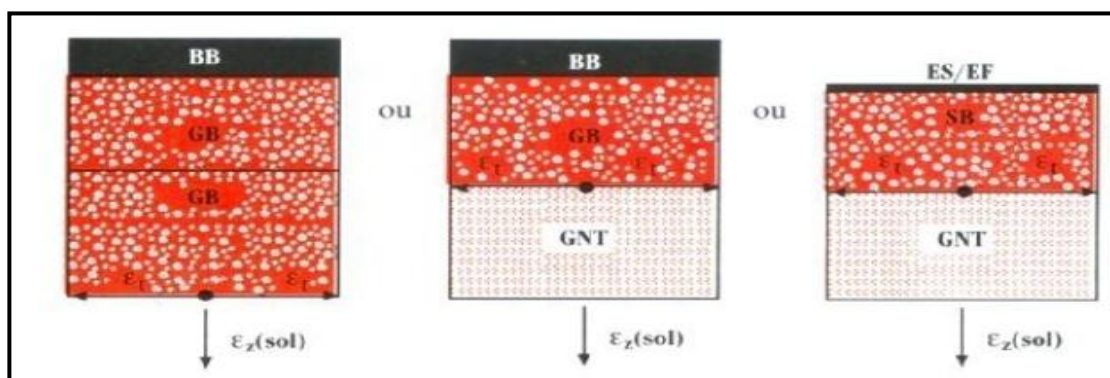
Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de **20** ans, taux d'accroissement moyen (2.9%), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (TPL6). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule 3**) propose la structure suivante :

- ➔ couche de roulement : BB « béton bitumineux » = 8 cm.
- ➔ couche de base : GB « grave concassé » = 12 cm.
- ➔ couche de fondation : GB « grave non traité » = 13 cm.



5) Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_{z, adm}$.



ϵ_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

a) Calcul la déformation admissible ($\epsilon_{z, adm}$) De sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

Cette formule est :

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

Application numérique de notre projet :

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (11.62 \cdot 10^6)^{-0.235} = 4,8 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z, adm} = 4,8 \cdot 10^{-4}$$

b) calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t, adm}$

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

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

$\epsilon_6(10^\circ \text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.

K_θ : facteur lié à la température.

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

K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.

K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

$$\text{Avec : } K_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b, \quad K_r = 10^{-tb\delta}, \quad K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ \text{C})}{E(\theta_{eq})}}$$

b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).

$E(10^\circ \text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .

$E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée .

$$\delta : \text{La dispersion} / \delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{C}{b} Sh\right)^2}$$

SN : dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs.

C : coefficient égal à 0.02.

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

$$\text{Finalement : } \epsilon_{\text{tadm}} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{hZ}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc.$$

❖ Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

Tableau 11.8

Matériau	E(30°, 10HZ) (MPa)	E(25°, 10HZ) (MPa)	E(20°, 10HZ) (MPa)	E(10°, 10HZ) (MPa)	ϵ_6 (10°c, 25hZ) 10 ⁻⁶
BB	2500	3500	4000	--	--
GB	3500	5500	7000	12500	100
Matériau	$-\frac{1}{b}$	SN	S _H (cm)	v	Kccalage
BB	--	--	--	0.35	--
GB	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après **Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves** et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- θ_{eq} = température équivalent ($\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$) => E (20°, 10Hz)=7000 MPa.
- Classe de trafic (**TPL₆**).
- Risque adopté pour le réseau RP₁ et la classe du trafic TPL₆ (**r%=5**).
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (**t = - 1.645**).

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{C}{b} Sh\right)^2} \Rightarrow \delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} \Rightarrow \delta = 0.609.$$

$$\underline{\mathbf{A.N.}} : \epsilon_{\text{tadm}} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{hZ}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc.$$

Déformation admissible de traction :

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (11.62 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(-1.645 \times 0.609 \times -0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm}=1.12 \times 10^{-4}$$

➤ Résultats de calcul par Alize III :

Tableau 11.9

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\epsilon_{t,adm}=1.12 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon_t=0,191 \cdot 10^{-4}$
$\epsilon_{z,adm}=4.8 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon_z=2,77 \cdot 10^{-4}$

```

*
BELLIL Salah
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 4
*****
* Z * EPSILON * SIGMAT * EPSILONZ * SIGMAZ *
*****
* .00* * .895E-04C* .866E+01B* -.726E-04C* .662E+01A*
* * E= 40000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H1= 6.00 * * * * *
* 6.00* * .420E-04C* .530E+01B* -.478E-04C* .609E+01A*
* *--- COLLE---* *---* *---*
* 6.00* * .420E-04C* .682E+01B* -.510E-04C* .609E+01A*
* * E= 70000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H2= 12.00 * * * * *
* 18.00* * -.191E-04B* -.849E+00C* .382E-04B* .225E+01B*
* *--- COLLE---* *---* *---*
* 18.00* * -.191E-04B* -.849E+00C* .382E-04B* .225E+01B*
* * E= 70000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H3= 13.00 * * * * *
* 31.00* * -.839E-04C* -.819E+01C* .776E-04C* .185E+00C*
* *--- COLLE---* *---* *---*
* 31.00* * -.839E-04C* .319E-01C* .277E-03C* .185E+00C*
* * E= 573. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H4=INFINI * * * * *
* * * * *
*****
* D * 44.56MM/100 * R*D *
* R * 992.92M * 44242.41M*MM/100 *
*****
MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

```

2. Méthode de C.B.R (California – Bearing – Ratio):

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

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

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

Avec:

- **e**: épaisseur équivalente
- **I**: indice CBR (sol support)
- **N**: désigne le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide
- **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Pour notre cas :

- **I_{CBR}**=10.1
- **N**=TPL₂₀₃₇=3514/j/sens
- **P**= 6.5 t

$$\text{Donc : } E_{totale} = \frac{100 + \sqrt{6,5} \left[75 + 50 \log \left(\frac{3514}{10} \right) \right]}{10.1 + 5} \Rightarrow E_{Totale} = 41.07 \text{ cm}$$

2.1. L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$E_{equivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Où:

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence

Tableau 11.10 Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

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

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante : $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 41.07 \text{ cm}$.

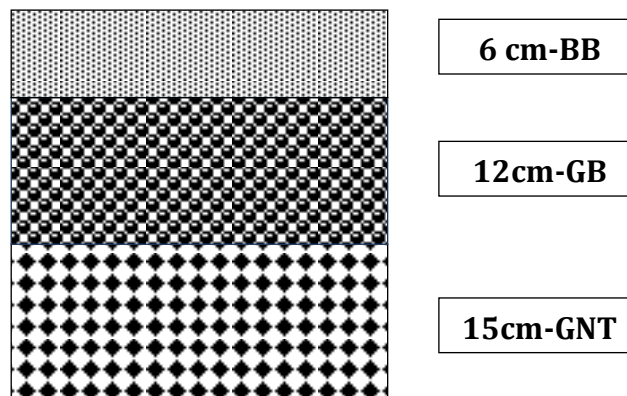
Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3^{ème}

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 \text{ cm}$.
- Couche de base en grave bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 1.2 \times 12 = \text{cm}$.

Donc L'épaisseur de la couche de fondation e_3 en (GC) est :

$$e_3 = \frac{37.43 - e_1 a_1 - e_2 a_2}{a_3} = \frac{41.04 - 2 \times 6 - 1.2 \times 12}{1} = 14.64 \text{ cm}$$

On prend : $e_3 = 15 \text{ cm}$



3. Conclusion :

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants:

Tableau11.11

indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	catalogue
10.1	6BB+12GB+15GNT	6BB+12GB+13GB

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode CBR nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l'ensemble du tracé, alors que la méthode la méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes et différentes selon l'indice portant du sol support.

Donc La structure est de : **6BB + 12 GB +15GNT** La structure retenue.

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 tel que les problèmes d'inondation ; glissement des terrains, ainsi que 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.

2. L'estimation du débit de pointe :

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'estimation des débits de pointe d'un sous bassin versant, parmi ces méthodes, celle de rationnelle.

Cette méthode dont nous rappelons très sommairement le principe : **$Q_a = Q_s$**

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

$$Q_s = K_{st} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

- ➔ **K_{st}** : coefficient de **STRICKLER** qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

- Paroi en terre : $7 < K_{st} < 30$.

- Paroi en béton : $50 < K_{st} < 60$.

- ➔ **S** : section mouillée.

- ➔ **R** : rayon hydraulique (m).

- ➔ **I** : la pente moyenne de l'ouvrage.

- Le débit d'apport (pointe) en provenance du bassin versant (m^3/s) est donné par la formule suivante : **$Q_a = K.C. i_t. A$** :

Dans laquelle

- **Q_a** : débit d'apport en **m^3/s** ;

- **K** : Coefficient de conversion des unités **$K = 0.278$**

- **C** : coefficient de ruissellement.

- **i_t** : intensité des pluies maximales en (**mm/h**) pour une durée t prise égale au temps de concentration T_c ;

- **A** : superficie du bassin versant en (**km^2**).

Remarque importante : d'après SETRA: la formule $Q_a = K.C. i_t. A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :
 Q_a en (m^3/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (km^2) ; $K= 0.278$
 Ou
 Q_a en (L/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (ha) ; $K= 2.78$

→ **Coefficient de ruissellement :**

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

Tableau 13.1 les coefficients de ruissellements

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

→ **Détermination de l'intensité :**

Les données des intensités de pluies enregistrés dans la station de bougezoul sont mesurées pour des durées allant de 1 heure jusqu'à 24 heure et sont analysées pour les périodes de retour suivantes : 2ans, 5ans, 10 ans, 20ans, 50ans et 100 ans.

Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
1heure	14.5	20.1	23.8	27.4	32	35.4
2heure	8.3	11.5	13.6	15.6	18.2	20.2
3heure	6	8.3	9.8	11.2	13.1	14.5
6heure	3.4	4.7	5.6	6.4	7.5	8.3
12heure	1.9	2.7	3.2	3.7	4.3	4.7
24heure	1.1	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7

Tableau 13.2 Intensité durée fréquence de la station de bougezoul

La relation « intensité – durée – fréquence » permettant de calculer l'intensité des pluies inférieures d'une heure, se met sous la forme :

$$i_t = i_1 \times (t)^{-0.7}$$

Dans laquelle :

- i_t : intensité de la pluie de durée t en heure (mm/h).
- I_1 : intensité de la pluie de durée d'une heure de même fréquence égale à 35 mm/h.
- t : durée en heure.

L'intensité des averses décennales (10 ans) de courte durée déterminée selon l'expression ci-dessus peut être présentée comme suit :

Tableau 13.3 Intensité des averses décennales de courte durée :

Durée (min)	Intensité (mm/h)
60	23.8
30	38.66
20	51.35
15	62.8
10	83.42

Pour le dimensionnement des fossés, on prend un temps de concentration égale à 15 min donc : $i_t = 62.8 \text{ mm/h}$

3. Système de drainage longitudinal :

Dans notre projet nous n'avons que le remblai sur tout le long du tracé ; donc Le système de drainage longitudinal de l'autoroute, soit un système en parallèle avec le profil en long « fossés de pied et descentes d'eaux » doit être conçu de manière à assurer la sécurité à long terme de l'autoroute et de ses composantes, de même que des ouvrages de drainage et de protection contre l'érosion.

→ **Sections en remblai de hauteur inférieure à 4m :**

Lorsque la hauteur du remblai est inférieure à 4m, la surface du talus n'est pas sujette à l'érosion par les eaux superficielles sur la chaussée qui sont drainées par des dispositifs d'assainissement de la plate-forme jusqu'au secteur en dehors de la plate-forme.

→ **Sections en remblai d'une hauteur supérieure ou égale à 4m :**

Pour les sections en remblai d'une hauteur supérieure à 4m, il est prévu des gargouilles de 40cm×10cm à chaque 25m le long du GBA (glissière en béton adhérent), qui seront raccordés aux descentes d'eau. Les eaux pluviales sur chaussée seront évacuées dans les fossés de pied de remblai par des descentes d'eau. Voir le plan

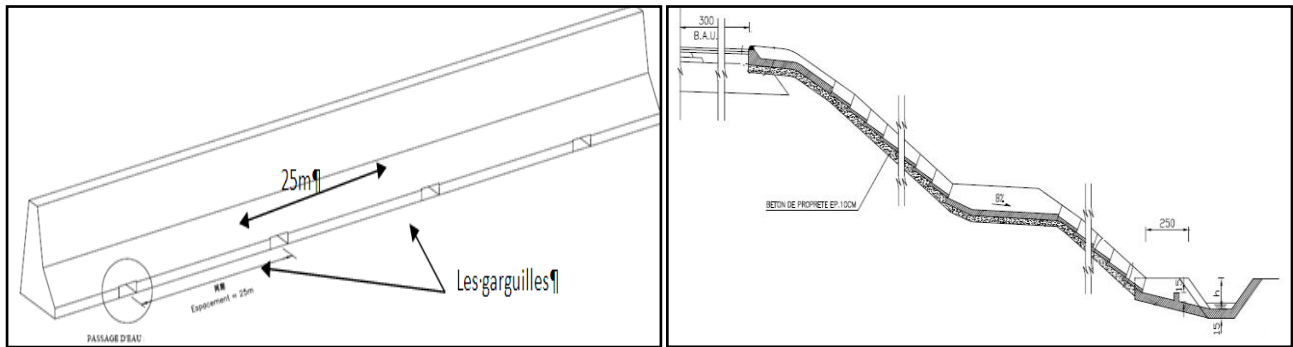


Schéma représente la descente d'eau

➔ Assainissement du TPC :

En section courante, le TPC sera revêtu et en toit. Il ne nécessitera donc pas d'assainissement particulier

Dimensionnement des fossés :

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y a un grand espace, entre le PK 171+620 et PK 173+180 de longueur 1560 m.

La hauteur des talus est importante alors on prévoit des fossés en béton. Armé d'une forme trapézoïdale

Dans notre projet nous avons un terrain plat donc les fossés droits et gauches sont de même dimensionnement.

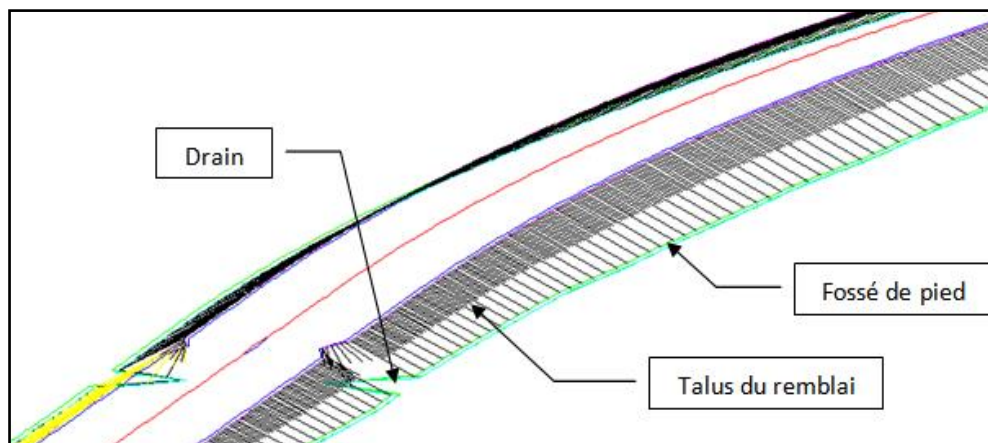


Figure 1 :

➔ Calcul de la surface du bassin versant :

Le dimensionnement des fossés dépend de profil en long et les points de refoulement (un drain ou un oued), donc on dimensionne les fossés selon leurs départs et fins.

- Surface de la chaussée : $A_c = (7 + 2.5 + 1.5) \times 1560 = 17160 \text{ m}^2 = 0.01716 \text{ km}^2$.
- Surface de la berme : $A_b = 0.5 \times 1560 = 780 \text{ m}^2 = 0.00078 \text{ km}^2$
- Surface du talus : $A_t = 4413 \text{ m}^2 = 0.004413 \text{ km}^2$

➔ **Calcul du débit d'apport (Qa):**

- Débit de la chaussée : $Q_c = 0.278 \times 0.95 \times 62.8 \times 0.01716 = 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Débit de la berme : $Q_b = 0.278 \times 0.4 \times 62.8 \times 0.00078 = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit du talus : $Q_t = 0.278 \times 0.3 \times 62.8 \times 0.004413 = 0.023 \text{ m}^3/\text{s}$.

D'où: $Q_a = Q_c + Q_b + Q_t = 0.28 + 0.005 + 0.023 = 0.308 \text{ m}^3/\text{s}$.

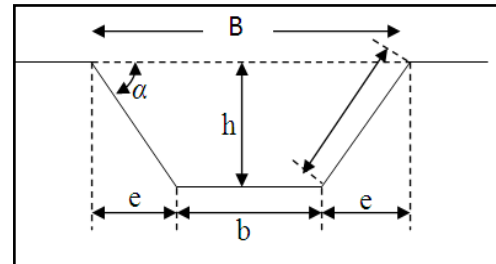
➔ **Calcul du débit de saturation (QS):**

➔ **La section mouillée :**

$$S_m = bh + 2(eh/2).$$

Avec : $1/\tan \alpha = m$, d'où : $e = m \cdot h$

$$S_m = bh + mh^2 \Rightarrow S_m = h(b + mh).$$



➔ **Le périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2.B$$

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

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

➔ **Le Rayon hydraulique :**

$$R_h = S_m / P_m = h(b + mh) / (b + 2h\sqrt{1 + m^2}).$$

$$\text{On a } Q_s = Q_a = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

$$= \frac{1}{n} \times I^{1/2} \times \left[\frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right]^{2/3} \times h(b + mh)$$

On pose : $b = 0.5 \text{ m}$ et Pour un angle de $45^\circ \Rightarrow m = 1$.

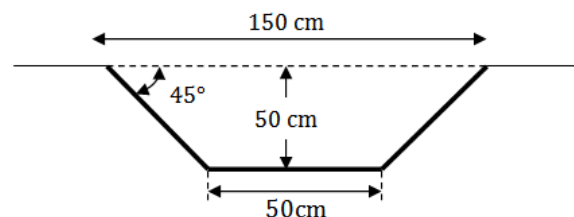
Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : $I = 10^{-3}$ c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

K_{ST} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton coulé sur place).

Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}}.$$

$$H = \left[\frac{0.308}{70 \times 0.5 \times 0.001^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.64 \times h]^{2/5}}{1 + 2.5h}$$



D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur $H = 0.376 \text{ m}$.

Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard ($b=50$ cm, $H=50$ cm, $B=100$ cm).

4. Système de drainage transversal :

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute via des dalots et des buses.

4.1. Dimensionnement des buses :

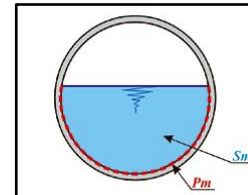
On a fait le dimensionnement des buses au PK 170+660, où nous avons un petit oued (drain) qui a un débit calculé en deux bassins versants « $Q=1.86\text{m}^3/\text{s}$ »

Donc le débit de saturation devient la somme du : (débit de fossé Est ($0.30\text{m}^3/\text{s}$) + débit de fossé ouest ($0.29\text{m}^3/\text{s}$)) + le débit de deux bassins ($1.86\text{m}^3/\text{s}$)

$$\text{D'où : } Q_T = 0.30 + 0.29 + 1.86 = 2.45\text{ m}^3/\text{s}.$$

Pour dimensionner les buses on prend $Q_a = Q_s$

$$\text{Tel que : } Q_s = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$



→ Section et périmètre mouillés :

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$\begin{aligned} H_r &= 0,75 \varnothing & \text{si } \varnothing \leq 1\text{ m}, \varnothing : \text{diamètre de la buse.} \\ H_r &= 0,80 \varnothing & \text{si } \varnothing > 1\text{ m} \end{aligned}$$

$$S_m : \text{surface mouillée} = \frac{4}{5} \times \pi \times R^2$$

$$P_m : \text{le périmètre mouillé} = \frac{4}{3} \times \pi \times R, R_h : \text{rayon hydraulique} = \frac{3}{5} \times R$$

R : rayon de la 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.

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

Nous avons : $Q_a = 2.45\text{m}^3/\text{s}$.

$$Q_s = Q_a = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a = \left(\frac{4}{5} \times \pi \times R^2 \right) \times K_{ST} \times \left(\frac{3}{5} \times R \right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$R = \left[1.75 \frac{Q_a}{K_{ST} \cdot \pi \cdot I^{1/2}} \right]^{3/8} \Rightarrow R = 515\text{ mm}$$

Alors : on prend des buses de diamètre **1200mm**.

4.2. Dimensionnement des ouvrages d'art :

Les zones à faibles pentes sont en général les plus sensibles aux inondations. Pour cela le choix du couloir pour notre tracé doit prendre en compte ce phénomène lors de la conception.

Ces zones ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée en fonction du tracé du projet et des Points Kilométriques (PK) arrêtés à ce stade. Les tronçons localisés sont donnés à valeurs PK sous forme des tableaux ci-après.

N°	Localisation selon les PK du Tracé de la RHP	Localisation de la zone	Constat et observation sur la zone
10	PK174+80Au PK 174+230	Zone de faible pente (Plaine de Boughzoul)	Zone très inondable

Les données hydrauliques sur cette zone sont représentées comme suit :

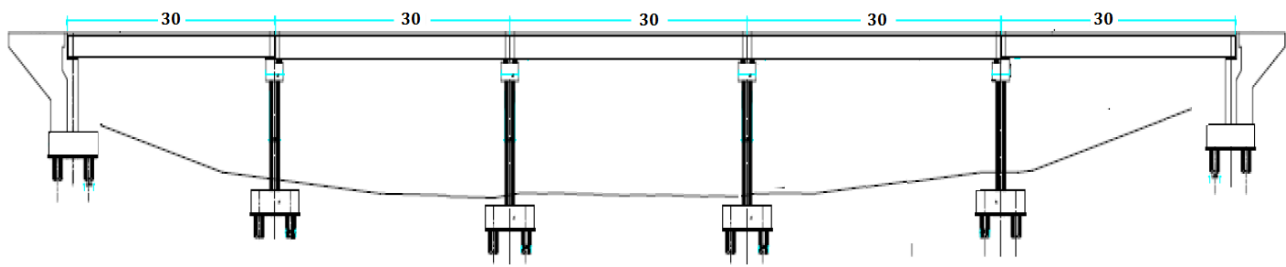
N°BV	PK	Surface B.V(km ²)	Pente (%)	Tc10 0 (h)	C	I10 0 (mm/h)	Q1 0 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Formule utilisée
46	174+80 174+230	2463,64	0,79	-	-	3,25	116,24	464,95	Crupédix

Pour ce problème on propose deux solutions :

- Un pont a poutre en béton précontraint (VIPP)
- Dix dalots consécutifs

4.2.1. Ouvrage d'art (OA) :

Un pont de portée de 150m, on propose une structure en béton précontraint se composant de 5 travées de 30 mètres de long

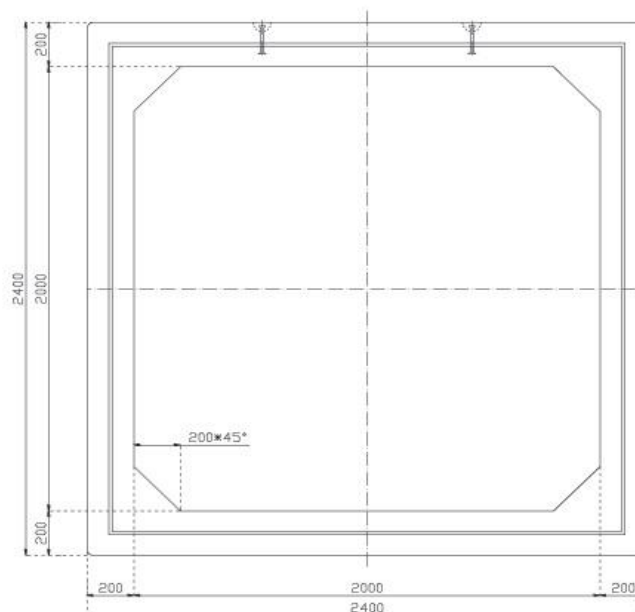


pont a poutre en beton precontraint de 5 travées

4.2.2. Des dalots :

Sur les 150 metres, on propose la mise en œuvre de 10 dalots de dimension (2× 2) m Disposés successivement sur toute la longueur, et séparés entre eux de 15m.

- Les espacements entre les dalots seront remblayés par des enrochements ce qui permet une atténuation du choc lors de l'écoulement des eaux pluviales et des bassins versants.
- Mettre en place un système de canalisation spéciale qui permet de mieux conduire l'eau vers les dalots.
- Une protection des talus à proximité des dalots est à prévoir en utilisant la géo synthétique, ceci pour éviter des risques d'érosion



5. Conclusion :

Pour des raisons d'économie, facilité d'entretien et de construction des dalots On a choisi la deuxième solution (dix dalots).

→ Tableau récapitulatif des dalots et buses :

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

	PK	DIMENSIONS
BUSES	171+540	Ø=1200 mm
	172+600	Ø=1500 mm
	174+920	Ø=1200mm
	175+940	Ø=1500 mm
dalots	174+80	L=2m, h=2
	174+95	L=2, h=2
	174+110	L=2m, h=2
	174+125	L=2m, h=2
	174+140	L=2m, h =2
	174+155	L=2m, h=2
	174+170	L=2 m, h=2m
	174+185	L=2m, h=2
	174+200	L=2m, h=2
	174+215	L=2m, h=2

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 d'une conception d'un échangeur à l'intersection de l'autoroute des hauts plateaux avec la RN 1

2. DEFINITION D'UN ECHAGEUR :

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'écarter sur quatre niveaux différents (échangeur dit "Four-stack").

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

3. ROLE D'UN ECHANGEUR :

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 en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquent des pertes de temps.

4. AVANTAGE DE L'ECHANGEUR :

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 provoquent des pertes de temps considérables
- ✓ Evite les contraintes d'arrêt et de reprise
- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier

5. INCONVENIENTS DE L'ECHANGEUR :

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

6. CRITERE 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)

7. CONDITION A RESPECTER:

- ✓ 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

8. TYPES D'ECHANGEURS :

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la Catégorie de l'autoroute caractères et composition du trafic, la vitesse à désigner et le degré de maîtrise d'accès.

Ces contrôles demandent plus d'exigences, économiques de terrains et de droit de passage doit requièrent d'une grande importance lors de la conception adaptée à la Capacité du trafic, offrant sécurité.

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 d'étendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnant des formes plus complexes.

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.

8.1. Echangeurs majeurs :

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

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

8.2. Type trèfle complet :

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 30 aux États-Unis. Il est très utilisé également en Allemagne.

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement Lente, et la nécessité d'y incorporé des voies collectives et distributrices pour permettre les entrée sans croisement le rend finalement très coûteux.

8.3. Type bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détaché par la droite de tronc principal on rejoignant par la droite le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fournit une exilant liaison avec les caractéristiques autoroutières continue.

N.A : pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

- ✓ Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.
- ✓ Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art

8.4. 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.

8.5. Type losange :

Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

8.6. Type demi –trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la Route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

- ✓ Demi-trèfle symétrique.
- ✓ Demi trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

8.7. Trompette :

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :

Alignement droit commun à toutes les bretelles.

- ✓ Une boucle « entrée ou sortie ».
- ✓ Une diagonale de sortie.

9. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS :

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

- ✓ Pont.
- ✓ Carrefour (s) plans (s).
- ✓ Bretelles.

9.1. 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.

9.2. 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.

9.3. Bretelles :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté 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, comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci

10. CRITERES DE CHOIX DE L'ECHANGEUR :

Un échangeur est un croisement étagé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les deux voies qui se croise.

Et avec la connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui présente.

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

Et pour atteindre ce but on est obligé de suit les phases suivant :

- 1- Détermination de tracer
- 2- Configuration de tracé a adopté
- 3- Analyse

10.1. Détermination de tracer :

La détermination de tracer fait à partir de :

- ✓ Présentation du site d'implantation
- ✓ Type de route et nombre de branche à raccorder
- ✓ Distribution du trafic avec les différents sens de parcours
- ✓ Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle

10.2 .Configuration de tracé a adopté :

L'échangeur a adopté doit assurer un haut niveau de sécurité et de service.

Et pour assurer celle-ci en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- ✓ Tracé respectant les valeurs limitées de conception (les valeurs des rayons et des alignements)
- ✓ La longueur des voies réglementaires

10.3. Analyse :

Cette dernière étape valide le choix de l'échangeur c'est les conditions de visibilité, de confort et de sécurité se sont assurés

11. ETUDES DES SOLUTIONS PROPOSENT :

Notre conception est basée sur l'état du terrain ainsi que l'étude du trafic de l'autoroute des hauts plateaux et son intersection avec la RN1, sans oublier tout de même les contraintes qui s'opposent.

Le résultat de cette conception est :

11.1. Pour variante01 :

- ✓ Un échangeur demi-trèfle avec deux giratoires.
- ✓ Un passage supérieur la RN1.

11.1.1. Les avantages :

- ✓ Faciliter l'insertion d'un grand nombre de branches.
- ✓ Modération de la vitesse.

11.1.2. Les inconvénients :

- ✓ Amélioration des nuisances.
- ✓ Coupe la route d'une chaussée séparée qui diminue la fluidité de circulation.

11.2. Pour variante02 :

- ✓ Un échangeur demi-trèfle avec deux carrefours de type T.
- ✓ Un passage supérieur la RN1.

11.2.1. Les avantages:

- ✓ Coût de réalisation moins élevé.
- ✓ Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.

11.2.2. 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.

11.3. Pour variante03 :

- ✓ un échangeur trèfle complet avec deux giratoires.

- ✓ Un passage supérieur la RN1.

11.3.1. Les avantages :

- ✓ Faciliter d'insertion d'un grand nombre de branches.
- ✓ Modération de la vitesse.

11.3.2. Les inconvénients :

- ✓ Consommation d'emprise importante.
- ✓ Coupe la route d'une chaussée séparée qui diminué la fluidité de circulation.

11.4. Pour variante04 :

- ✓ Un échangeur trèfle complet
- ✓ Un passage supérieur la RN1.

11.4.1. Les avantages :

- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier.
- ✓ Tracé esthétique.
- ✓ Amélioration de la sécurité.
- ✓ Diminution des nuisances.
- ✓ Eviter tous les points de conflit.
- ✓

11.4.2. Les inconvénients :

- ✓ Consommation d'emprise importante.

12. CONCLUSION :

Notre choix est consisté sur les points suivants :

- ✓ La difficulté d'accédée au terrain.
- ✓ La position de l'ouvrage.
- ✓ La pente du terrain, le remblai et le déblai.

13. DISPOSITION D'IMPLANTATION :

La connaissance du site d'implantation est très importante pour la Conception de l'échangeur car elle permet de mieux apprécier les contraintes particulières et la topographie générale.

Le site d'implantation doit permettre les possibilités d'appliquer les normes en ce qui concerne le dimensionnement des accès, et les contraintes de visibilité et pour cela il faut éviter dans la mesure du possible le choix de sites:

- ✓ En courbe de faible rayon en tracé en plan. ($R \geq 40m$)
- ✓ En point haut en profile en long.
- ✓ Dans les zones de grands déblais.

- ✓ Dans les sections en forte déclivités (se qui impliqueraient un allongement des bretelles aval ou amont suivant que le franchissement est effectuée en passages supérieures ou inférieures).

14. CHOIX DE L'ECHANGEUR :

Notre échangeur va relier l'autoroute des hauts plateaux a (2×2 voies) avec la RN1 a (2×2 voies), c'est deux routes sont très convoité c'est-à-dire qu'elles connaissent un grand trafic, pour l'autoroute des hauts plateaux c'est de 13325v/j et pour la RN1 c'est 8008v/j (selon le comptage de l'année 2011).

15. CONCLUSION DU CHOIX DE TYPE D'ECHANGEUR:

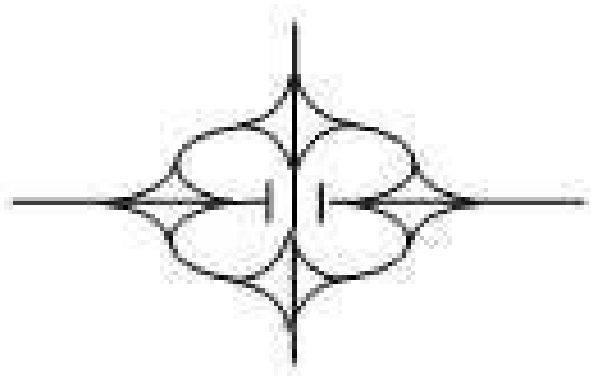
Après analyse des deux types d'échangeur proposés, l'échangeur de type **Trèfle complet** c'est le type d'échangeur le plus avantageux qui relie deux axes routiers

L'échangeur trèfle complet

- Assure une bonne sécurité aux usagers et offrant une bonne visibilité.
- Assure une bonne fluidité du trafic.
- Le gain de temps dont vont bénéficier les usagers de cette échangeur car il favorise toutes les directions existantes.

Donc la solution adoptée est :

ECHANGEUR DE TYPE TREFLE COMPLET



16. Vitesse de référence :

La vitesse de référence de notre projet est de 120 kilomètres par heure, nous recommandons une vitesse de référence minimale de **50** kilomètres par heure pour les bretelles.

Une vitesse de conception élevée dans les bretelles augmente la fluidité de la circulation dans l'échangeur mais augmente aussi les coûts de construction et nécessite une superficie supérieure pour implanter l'échangeur (rayons plus longs). Par contre, les utilisateurs de l'autoroute qui circulent à des vitesses supérieures à 120Km/h peuvent trouver inconfortable une décélération prononcée jusqu'à une vitesse basse de 50km/h dans les bretelles.

17. Caractéristiques géométriques des bretelles :

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à **1** voie (d'après l'ICTAAL2000).

17.1 Tracé en plan d'une bretelle :

17.1.1 Valeurs limites des rayons :

Tableau 14.1 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

		1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal	Rm (m)	40(7%) et 100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	Rnd (m)	300	
Rayon maximal dans la partie circulaire des boucles(m)		----	60
Dévers entre Rnd et Rm	d (m)	$d = (675/R) + 0.25$ entre 300 et 100	-----

– Dans une courbe de rayon inférieur à **100 m**, une surlargeur de **50/R** par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe Préconisé.

17.1.2 Enchaînement des éléments du tracé en plan :

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition :

$R_1 \leq 2R_2$, où R_1 et R_2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si $R_1 > 1.5R_{nd}$ et si $R_1 > R_2$.

➤ Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à **3s** à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

	$R_1 < R_2$	$R_1 > R_2$
Courbes de même sens	– AD 3s – Ove $L=7 (d_2-d_1)$ – Courbe en C	AD 3s $R_1 < 2R_2$
Courbe de sens contraire	Courbe en S	$R_1 < 2R_2$ Courbe en S

17.1.3. Raccordement progressif :

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à $1.5R_{nd}$ (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0.4}$ et $7|\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à R_{nd} (300m).

Pour les courbes à droite, c'est toujours $6R^{0.4}$ qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m.

Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170m c'est $7|\Delta\delta|$ et au-delà c'est $6R^{0.4}$ qui est la plus grande.

18 Zones de décélération et d'accélération :

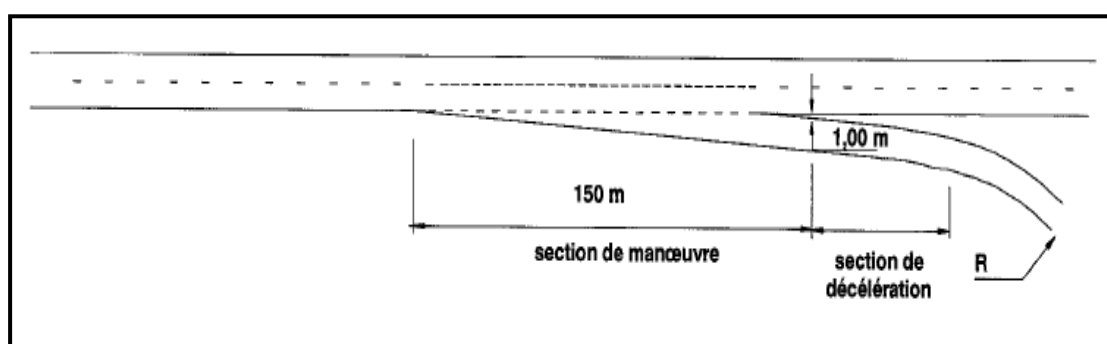
Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

1. 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 :

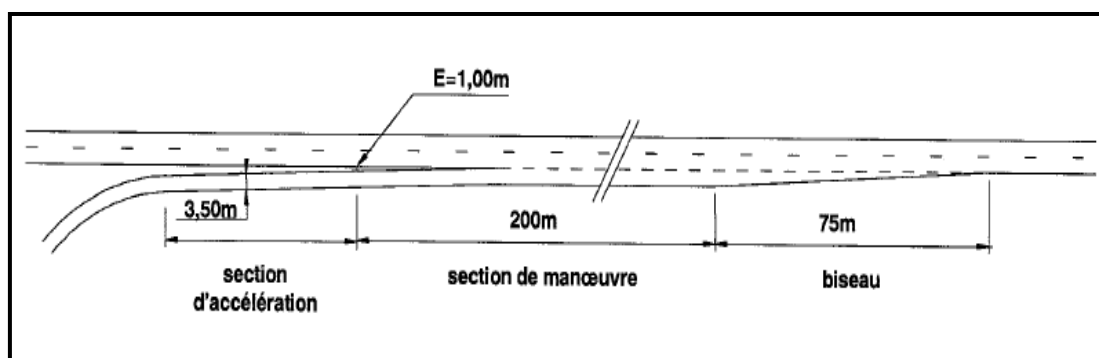
- ➔ une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- ➔ une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur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



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.



19.1 Profil en long d'une bretelle :

Tableau 17.1 Les valeurs limites des paramètres du profil en long

déclivité maximale	6 %
rayon minimal en angle saillant	1 500 m
rayon minimal en angle rentrant	800

20 Profil en travers d'une bretelle :

20.1.1 Largeur des bretelles :

Tableau 17.2 Les largeurs des composantes du profil en travers

Chaussée	unidirectionnelle	4,00 m+S®
	bidirectionnelle	7,00 m+ S®
B.D.D.		2,00 m
B.D.G.		0,50 m

Surlargeur en courbe (par voie) : $S^{\circledast} = 50/R$ pour $R < 100$ m.

20.1.2 Pente transversale d'une bretelle :

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tableau 15.4 Dévers de la chaussée :

	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	AD ou $R \geq 300$	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2.5 % ($R300$) et 7 % ($R100$)
	$R \leq 100$ m	7 %

20.1.3. Profils en travers types des bretelles :

D'après les calculs de trafic on a une seule voies dans toutes les bretelles.

Bretelle unidirectionnelle à une voie

BDG	Chaussée	BDD
0.50	4.00 + S®	1

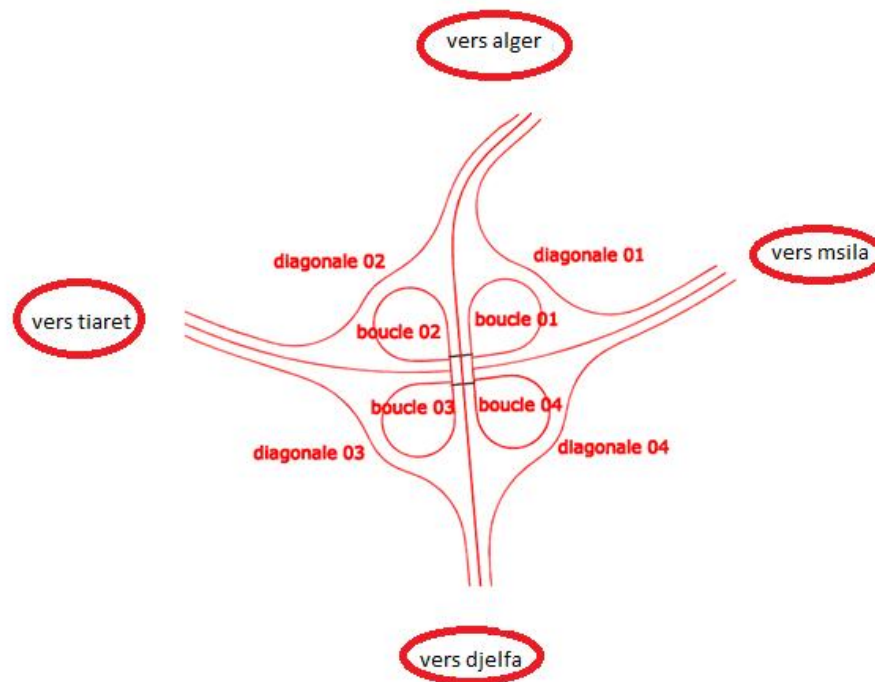
ELEMENT DE TRACE EN PLAN

Figure : les bretelles

1. Introduction :

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers.

Bien signaler c'est bien communiquer.

Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

On distingue deux types de signalisation :

- ➔ Signalisation horizontale.
- ➔ Signalisation verticale.

2. Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute.

Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière. Un autre rôle est de compléter la signalisation verticale.

Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

2.1. Caractéristiques générales des marques :

2.1.1. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée est le blanc et le jaune. , dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures ou matériaux utilisés, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

2.1.2. Largeur des lignes :

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U
Les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D'entrée/sortie sur aires.

U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles D'entrée de l'Autoroute avant les péages et sur les RN,

U = 5 cm sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire.

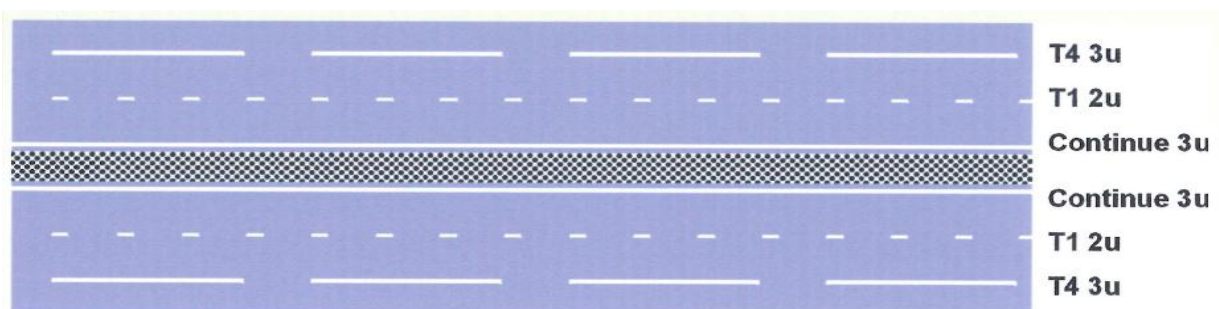
2.1.3. Lignes longitudinales :

Pour notre projet la route est de type "autoroute".

Donc la valeur de U est 7.5 cm.

Tableau 15.1 Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

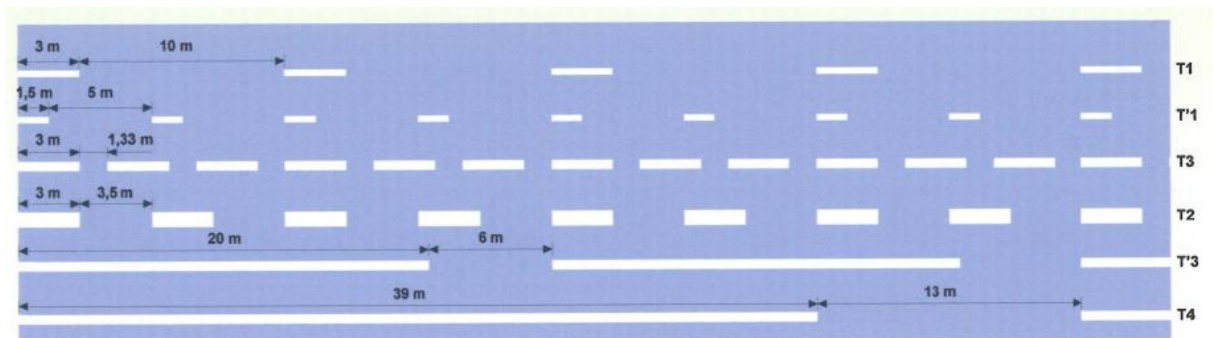
modulation	désignation des marques	largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm



2.1.4. Caractéristiques des lignes discontinues :

Tableau 15.2 Les caractéristiques des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait(m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
transversal	T'2	0.5	0.5	1	Blanc
délimitation du TPC	LC				Jaune



2.1.5. Lignes transversales :

- Ligne "STOP", largeur de 50 cm.
- Ligne "Cédez le Passage", largeur de T'2.

2.1.6. Les flèches :

- Flèches de rabattement;
- Flèches de sélection unidirectionnelle;
- Flèches de sélection bidirectionnelle.

2.1.7. Autres marques :

- Marquage d'îlots séparateurs avec hachures;
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

3. Signalisation verticale :

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- ➔ Signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- ➔ Signalisation de direction.

3.1. Signalisation de danger, de prescription et d'indication :

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour réglementer, en conditions de sécurité, la circulation autant sur la section de type autoroutier, que sur le réseau routier existant.

- Les éléments à signaler aux usagers sont principalement :
 - ➔ La vitesse légale de circulation.
 - ➔ Le régime de priorité.
 - ➔ Les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière).
 - ➔ Les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.).

La signalisation est conforme aux normes européennes.

- Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :
 - ➔ Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute.
 - ➔ Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises.

Les types de balises sont les suivantes :

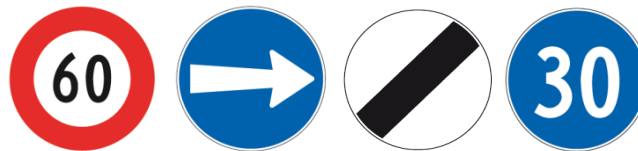
- ➔ balise de virage;
- ➔ balise de limite de chaussée;
- ➔ balise de musoir, etc.

Les panneaux ainsi que les panonceaux et les balises sont couverts d'une couche rétro réfléchissante (de classe II ou supérieure).

- ➔ Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme (TGG)
- ➔ Sur entrées et sortie : Grande Gamme (GG)
- ➔ Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale (GN)

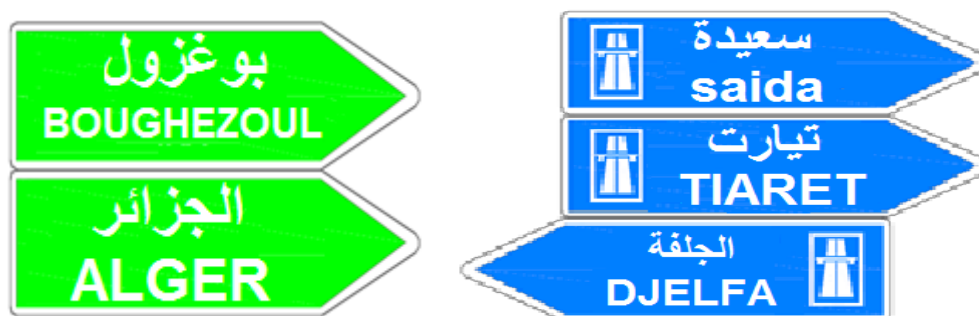
Tableau15.3 Les dimensions détaillées des panneaux

Dimensions	Côté du triangle(mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

La signalisation de danger :**Intersection et régime de priorité :****La signalisation de prescription :****3.2. Signalisation de direction :**

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude. Généralement on retrouve trois types de destination à indiquer sur les panneaux de direction, comme suit :

- La capitale, Alger dans la direction nord, et la ville de Djelfa (ou la limite de l'autoroute) dans la direction Sud;
- La wilaya de Tiaret dans la direction ouest, et la wilaya de Msila (ou la limite de l'autoroute) dans la direction Est
- Les villes importantes qui se situent sur l'axe de l'autoroute (sans avoir nécessairement un lien direct autoroutier) : il s'agit Saida, Batna;
- Les premières villes ou villages en lien direct, via l'échangeur : Bougezoul.
- Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabe et latin, (arabe en premier, latin en deuxième).
- La hauteur des lignes de caractère est similaire pour les deux écritures.
- Les panneaux sont installés en latéral (confirmation de direction) et sur portiques (signalisation pour les sorties d'autoroute).
- Tous les panneaux de signalisation de direction sont couverts d'une couche rétro réfléchissante.



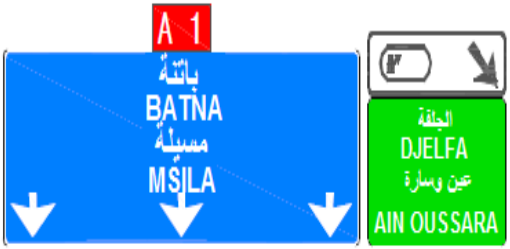
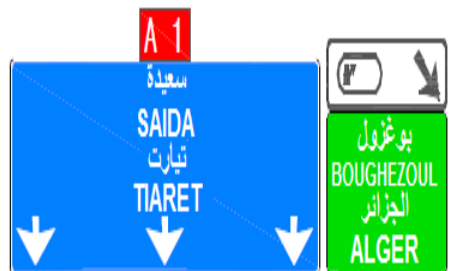
4. Signalisation de l'échangeur :

Tableau 15.4 Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie

V (km/h)	Distance d'implantation	But
Avertissement D(a)50	2000 m	120 pour attirer l'attention des usagers
Pré signalisation D(a)40	1000 m	pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Signalisation avancée D30	au point S= 1.50 m	pour marquer la fin de la manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.

Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs) :

	A droite	A gauche
Avertissement D50		
Pré-signalisation D40	 	

Signalisation avancée D30		
---	---	--

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				
	Acquisition de terrain	m²	465454	500,00	238 900 000,00
2.1	Débroussaillage, évacuation de blocs rocheux et nettoyage d'emprise	m²	412150	150,00	61 822 500,00
2.6	Déplacement de lignes électriques	unité	2	350 000,00	700000,00
2.7	Ouvrage de protection pour conduite de gaz existante (en béton)	ml	85	30 000,00	2 550 000,00
Total partiel 2					840 582 500,00
3	Terrassement et couche de forme				
3.1	Décapage de terre végétale	m³	54831	350,00	19190850,00
3.2	Remblai en provenance de carrier	m³	586217	850,00	498284450,00
3.3	Enrochements	m³	137724	900,00	123951600,00
3.5	Géotextile	m²	806400	2 50,00	2 01 600 000,00
3.6	Géo grille	m²	1378020	5 50,00	7 57 911 000,00
Total partiel 3					1 963 886 590,00
4	Assainissement, réseaux et protections hydrauliques				
4.1	Fossés trapézoïdaux	ml	9 468	4 500,00	43 056 000,00
4.2	Descentes d'eau	ml	2 400	3 500,00	8 400 000,00
4.3	Caniveaux à fente en béton	ml	462.1127	4 000,00	1 848 450,80
4.4	Buse de diamètre 1500 mm	ml	260	17 000,00	4 420 000,00
	Buse de diamètre 1200 mm	ml	156	20 000,00	3 120 000,00
4.5	Dalots en béton armé	M³	2185.6	25 000,00	54 640 000,00
Total partiel 4					117 824 450,00

5	Chaussée				
5.1	Couche de fondation en Grave non traité (GNT)	m ³	19561	2 200,00	101376000,00
5.2	Couche de base Grave bitume (GB)	t	15192	6 000,00	184320000,00
5.3	Couche de roulement en béton bitumineux(BB)	t	6210	6 400,00	60748800,00
5.4	Couche d'imprégnation 1.2 à 1.6 kg/m ³	t	232	30 000,00	6 960 000,00
5.5	Couche d'accrochage 0.3 kg/m ³	t	34.5	20 000,00	690 000,00
Total partiel 5					789 830 800,00
6	Signalisation				
6.1	Marquage sur chaussée	m	25 000	12 000,00	300 000 000,00
6.2	Panneau Très Grande Gamme (TGG)	unité	60	30 000,00	1 800 000,00
6.3	Panneau Grande Gamme (GG)	unité	25	15 000,00	375 000,00
6.4	Panneau Gamme Normale (GN)	unité	10	8 000,00	80 000,00
6.6	Glissières de sécurité métalliques	m	928	3 600,00	3340800,00
Total partiel 6					305 595 800,00
7	Environnement et paysage				
7.1	Impact sur l'environnement	forfait	1	1%	17792817,59
Total partiel 7					1 779 2817,59
TOTAL GENERAL : 7 001 512 957,59 DA					

CONCLUSION GENERALE :

Dans la conclusion de ce projet intitulé « étude d'un tronçon Autoroutier sur 7 Km, franchissant une zone inondable avec conception d'un échangeur », nous voudrions revenir brièvement sur les obstacles que nous avons rencontrés lors de ce travail.

Sachant que pour ce tracé, il nous est imposé de franchir une zone inondable, on a donc fait une étude complète qui englobe une étude géométrique « le tracé en plan, profil en long...etc. », géotechnique notamment « le glissement des remblais, et les techniques de renforcement », une étude hydraulique malgré le manque de certaines données; avec la proposition de solutions concernant les ouvrages hydrauliques et leurs dimensionnements.

Ayant finalisé la conception, une majeure partie de l'étude de l'échangeur et étude de tassement ne nous a pas été permis à cause du délai insuffisant et de la quantité de travail importante.

Enfin, on peut dire que ce projet nous a été enrichissant pour finaliser notre formation, en touchant une multitude de branches du domaine des travaux publics, qu'un bon ingénieur doit connaître. Le deuxième projet du siècle de notre pays après « L'autoroute Est -Ouest » c'est « LA ROCADE AUTOROUTIERE DES HAUT PLATEAUX » est bénéfique non seulement en matière économique et social, mais aussi en matière technique d'où la formation des futurs ingénieurs au sein de l'ENSTP.

Bibliographie

- ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ICTAAL2000 Guide Echangeur.
- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTTP ».
- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 5^{eme} année.
- Cours des routes ENSTP 4^{eme} année.
- Cours d'hydraulique ENSTP 4^{eme} année.
- Cours de mécanique de sol ENSTP 3^{eme} année.
- Normes technique d'aménagement des carrefours dénivellement « SAETI Norme IV 1892 »
- Signalisation routière.
- Aide-mémoire Routes.
- Site Internet « www.SETRA.com ».

Axe En Plan

Axe En Plan					
Eléments Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 38.4484 g	542.646	170000.000	482348.254	3944417.464
Arc 1	Rayon -1600.000 m	929.455	170542.646	482656.420	3944864.117
	Centre X 483973.382 m				
	Centre Y 3943955.485 m				
Droite 2	Gisement 75.4302 g	320.720	171472.102	483371.092	3945437.797
Arc 2	Rayon 1700.000 m	662.953	171792.822	483668.221	3945558.525
	Centre X 483028.289 m				
	Centre Y 3947133.481 m				
Droite 3	Gisement 50.6038 g	537.102	172455.774	484218.914	3945920.052
Arc 3	Rayon -2000.000 m	799.293	172992.877	484602.288	3946296.222
	Centre X 486003.024 m				
	Centre Y 3944868.658 m				
Droite 4	Gisement 76.0461 g	401.070	173792.169	485268.123	3946728.744
Arc 4	Rayon -1900.000 m	866.001	174193.240	485641.135	3946876.117
	Centre X 486339.292 m				
	Centre Y 3945109.036 m				
Droite 5	Gisement 105.0626 g	614.366	175059.241	486490.227	3947003.031
Arc 5	Rayon 1700.000 m	1127.994	175673.607	487102.652	3946954.226
	Centre X 487237.699 m				
	Centre Y 3948648.854 m				
Droite 6	Gisement 62.8213 g	591.279	176801.600	488175.023	3947230.607
			177392.879	488668.305	3947556.619
Longueur totale de l'axe 7392.879 mètre(s)					

Profil En Long

Profil En Long Projet				
Caractéristiques des éléments			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
droite 1	Pente -0.50 %	69.059	170000.000	641.704
Parabole 1	Pente -0.50 %	2890.170	170069.059	641.359
	Rayon 289016.984 m			
	Sommet Absc. 171514.144 m			
	Sommet Alt. 637.746 m Pente 0.50 %			
droite 2	Pente 0.50 %	91.799	172959.229	641.359
Parabole 2	Pente 0.50 %	274.260	173051.027	641.818
	Rayon -20000.000 m			
	Sommet Absc. 173151.027 m			
	Sommet Alt. 642.068 m Pente -0.87 %			
droite 3	Pente -0.87 %	615.222	173325.288	641.309
Parabole 3	Pente -0.87 %	232.237	173940.510	635.949
	Rayon 20000.000 m			
	Sommet Absc. 174114.770m			
	Sommet Alt. 635.189 m Pente 0.29 %			
droite 4	Pente 0.29 %	3220.132	174172.747	635.273
			177392.879	644.608
Longueur totale de l'axe 7392.879 mètre(s)				

Tabulation

N° profil	Abscisse Curviligne (m)	Cote TN (m)	Cote projet (m)	Angle profil (grade)	X Profil (m)	Y Profil (m)	Dévers	
							Gauche	Droite
P.1	170000.000	638.205	641.704	138.448	482348.254	3944417.464	2.50	-2.50
P.2	170020.000	638.001	641.604	138.448	482359.612	3944433.926	2.50	-2.50
P.3	170040.000	637.718	641.504	138.448	482370.970	3944450.388	2.50	-2.50
P.4	170060.000	637.635	641.404	138.448	482382.328	3944466.850	2.50	-2.50
P.5	170080.000	637.759	641.305	138.448	482393.685	3944483.312	2.50	-2.50
P.6	170100.000	637.636	641.206	138.448	482405.043	3944499.774	2.50	-2.50
P.7	170120.000	637.420	641.109	138.448	482416.401	3944516.236	2.50	-2.50
P.8	170140.000	637.464	641.013	138.448	482427.759	3944532.698	2.50	-2.50
P.9	170160.000	637.270	640.919	138.448	482439.117	3944549.160	2.50	-2.50
P.10	170180.000	637.285	640.826	138.448	482450.475	3944565.622	2.50	-2.50
P.11	170200.000	637.305	640.734	138.448	482461.833	3944582.084	2.50	-2.50
P.12	170220.000	637.345	640.644	138.448	482473.191	3944598.546	2.50	-2.50
P.13	170240.000	637.034	640.555	138.448	482484.549	3944615.008	2.50	-2.50
P.14	170260.000	637.264	640.468	138.448	482495.906	3944631.470	2.50	-2.50
P.15	170280.000	637.362	640.381	138.448	482507.264	3944647.932	2.50	-2.50
P.16	170300.000	637.303	640.297	138.448	482518.622	3944664.394	2.50	-2.50
P.17	170320.000	637.012	640.213	138.448	482529.980	3944680.856	2.50	-2.50
P.18	170340.000	637.243	640.131	138.448	482541.338	3944697.318	2.50	-2.50
P.19	170360.000	637.416	640.051	138.448	482552.696	3944713.780	2.50	-2.50
P.20	170380.000	637.481	639.972	138.448	482564.054	3944730.242	2.50	-2.50
P.21	170400.000	637.321	639.894	138.448	482575.412	3944746.704	2.50	-2.50
P.22	170420.000	637.336	639.818	138.448	482586.770	3944763.166	2.50	-2.50
P.23	170440.000	636.862	639.743	138.448	482598.127	3944779.628	2.50	-2.50
P.24	170460.000	637.006	639.669	138.448	482609.485	3944796.090	2.50	-2.50
P.25	170480.000	637.053	639.597	138.448	482620.843	3944812.552	2.50	-2.50
P.26	170500.000	636.993	639.526	138.448	482632.201	3944829.014	2.50	-2.50
P.27	170520.000	636.990	639.456	138.448	482643.559	3944845.476	2.50	-2.50
P.28	170540.000	636.909	639.388	138.448	482654.917	3944861.938	2.50	-2.50
P.29	170560.000	637.060	639.321	139.139	482666.352	3944878.347	2.50	-2.50
P.30	170580.000	637.015	639.256	139.935	482677.990	3944894.612	2.50	-2.50
P.31	170600.000	637.338	639.192	140.730	482689.830	3944910.731	2.50	-2.50
P.32	170620.000	637.673	639.130	141.526	482701.870	3944926.700	2.50	-2.50
P.33	170640.000	637.104	639.068	142.322	482714.109	3944942.518	2.50	-2.50
P.34	170660.000	636.986	639.009	143.118	482726.545	3944958.181	2.50	-2.50
P.35	170680.000	636.902	638.950	143.914	482739.176	3944973.688	2.50	-2.50
P.36	170700.000	636.947	638.893	144.709	482752.000	3944989.035	2.50	-2.50
P.37	170720.000	636.845	638.838	145.505	482765.014	3945004.221	2.50	-2.50
P.38	170740.000	636.826	638.783	146.301	482778.217	3945019.244	2.50	-2.50
P.39	170760.000	636.597	638.730	147.097	482791.607	3945034.100	2.50	-2.50
P.40	170780.000	636.443	638.679	147.892	482805.182	3945048.787	2.50	-2.50
P.41	170800.000	636.881	638.629	148.688	482818.939	3945063.304	2.50	-2.50
P.42	170820.000	636.810	638.580	149.484	482832.877	3945077.648	2.50	-2.50
P.43	170840.000	636.754	638.533	150.280	482846.993	3945091.816	2.50	-2.50
P.44	170860.000	636.687	638.487	151.075	482861.284	3945105.807	2.50	-2.50
P.45	170880.000	636.659	638.442	151.871	482875.750	3945119.618	2.50	-2.50
P.46	170900.000	636.629	638.399	152.667	482890.387	3945133.247	2.50	-2.50
P.47	170920.000	636.675	638.357	153.463	482905.193	3945146.692	2.50	-2.50
P.48	170940.000	636.675	638.317	154.259	482920.166	3945159.951	2.50	-2.50
P.49	170960.000	636.747	638.278	155.054	482935.304	3945173.021	2.50	-2.50
P.50	170980.000	636.721	638.240	155.850	482950.604	3945185.902	2.50	-2.50
P.51	171000.000	636.697	638.204	156.646	482966.064	3945198.590	2.50	-2.50
P.52	171020.000	636.676	638.169	157.442	482981.681	3945211.084	2.50	-2.50
P.53	171040.000	636.677	638.135	158.237	482997.453	3945223.382	2.50	-2.50
P.54	171060.000	636.587	638.103	159.033	483013.377	3945235.482	2.50	-2.50
P.55	171080.000	636.562	638.073	159.829	483029.452	3945247.382	2.50	-2.50
P.56	171100.000	636.469	638.043	160.625	483045.674	3945259.079	2.50	-2.50
P.57	171120.000	636.455	638.015	161.421	483062.041	3945270.574	2.50	-2.50
P.58	171140.000	636.474	637.989	162.216	483078.550	3945281.862	2.50	-2.50
P.59	171160.000	636.419	637.963	163.012	483095.200	3945292.944	2.50	-2.50

N° profil	Abscisse Curviligne (m)	Cote TN (m)	Cote projet (m)	Angle profil (grade)	X Profil (m)	Y Profil (m)	Dévers	
							Gauche	Droite
P.60	171180.000	636.528	637.940	163.808	483111.986	3945303.816	2.50	-2.50
P.61	171200.000	636.621	637.917	164.604	483128.907	3945314.478	2.50	-2.50
P.62	171220.000	636.613	637.896	165.399	483145.960	3945324.928	2.50	-2.50
P.63	171240.000	636.571	637.877	166.195	483163.142	3945335.163	2.50	-2.50
P.64	171260.000	636.582	637.858	166.991	483180.451	3945345.183	2.50	-2.50
P.65	171280.000	636.534	637.841	167.787	483197.884	3945354.986	2.50	-2.50
P.66	171300.000	636.528	637.826	168.583	483215.438	3945364.570	2.50	-2.50
P.67	171320.000	636.470	637.812	169.378	483233.110	3945373.934	2.50	-2.50
P.68	171340.000	636.462	637.799	170.174	483250.898	3945383.076	2.50	-2.50
P.69	171360.000	636.379	637.788	170.970	483268.799	3945391.996	2.50	-2.50
P.70	171380.000	636.238	637.778	171.766	483286.810	3945400.691	2.50	-2.50
P.71	171400.000	636.323	637.769	172.561	483304.928	3945409.160	2.50	-2.50
P.72	171420.000	635.960	637.762	173.357	483323.151	3945417.401	2.50	-2.50
P.73	171440.000	636.098	637.756	174.153	483341.475	3945425.415	2.50	-2.50
P.74	171460.000	635.427	637.752	174.949	483359.898	3945433.199	2.50	-2.50
P.75	171480.000	635.297	637.749	175.430	483378.409	3945440.770	2.50	-2.50
P.75-1	171499.243	636.219	637.747	175.430	483396.237	3945448.013	2.50	-2.50
P.76	171500.000	636.247	637.747	175.430	483396.938	3945448.298	2.50	-2.50
P.77	171520.000	636.208	637.747	175.430	483415.467	3945455.827	2.50	-2.50
P.78	171540.000	635.391	637.748	175.430	483433.996	3945463.356	2.50	-2.50
P.79	171560.000	635.490	637.750	175.430	483452.525	3945470.884	2.50	-2.50
P.80	171580.000	636.000	637.754	175.430	483471.054	3945478.413	2.50	-2.50
P.81	171600.000	635.267	637.759	175.430	483489.583	3945485.941	2.50	-2.50
P.82	171620.000	634.931	637.766	175.430	483508.112	3945493.470	2.50	-2.50
P.83	171640.000	635.179	637.774	175.430	483526.641	3945500.999	2.50	-2.50
P.84	171660.000	635.878	637.783	175.430	483545.169	3945508.527	2.50	-2.50
P.85	171680.000	636.081	637.794	175.430	483563.698	3945516.056	2.50	-2.50
P.86	171700.000	636.034	637.806	175.430	483582.227	3945523.585	2.50	-2.50
P.87	171720.000	636.062	637.820	175.430	483600.756	3945531.113	2.50	-2.50
P.88	171740.000	635.975	637.835	175.430	483619.285	3945538.642	2.50	-2.50
P.89	171760.000	636.021	637.851	175.430	483637.814	3945546.170	2.50	-2.50
P.90	171780.000	636.189	637.869	175.430	483656.343	3945553.699	2.50	-2.50
P.91	171800.000	636.334	637.888	175.161	483674.866	3945561.242	2.50	-2.50
P.92	171820.000	636.449	637.908	174.412	483693.318	3945568.957	2.50	-2.50
P.93	171840.000	636.534	637.930	173.663	483711.677	3945576.889	2.50	-2.50
P.94	171860.000	636.665	637.953	172.915	483729.943	3945585.036	2.50	-2.50
P.95	171880.000	636.616	637.978	172.166	483748.111	3945593.398	2.50	-2.50
P.96	171900.000	636.527	638.004	171.417	483766.179	3945601.973	2.50	-2.50
P.97	171920.000	636.234	638.031	170.668	483784.145	3945610.760	2.50	-2.50
P.98	171940.000	635.955	638.060	169.919	483802.007	3945619.758	2.50	-2.50
P.99	171960.000	636.257	638.090	169.170	483819.761	3945628.965	2.50	-2.50
P.100	171980.000	636.375	638.122	168.421	483837.407	3945638.380	2.50	-2.50
P.101	172000.000	636.336	638.155	167.672	483854.940	3945648.002	2.50	-2.50
P.102	172020.000	636.211	638.189	166.923	483872.358	3945657.830	2.50	-2.50
P.103	172040.000	636.188	638.225	166.174	483889.660	3945667.862	2.50	-2.50
P.104	172060.000	635.998	638.262	165.425	483906.843	3945678.097	2.50	-2.50
P.105	172080.000	635.423	638.300	164.676	483923.903	3945688.534	2.50	-2.50
P.106	172100.000	634.960	638.340	163.927	483940.840	3945699.170	2.50	-2.50
P.107	172120.000	635.145	638.382	163.178	483957.651	3945710.005	2.50	-2.50
P.108	172140.000	635.311	638.424	162.429	483974.333	3945721.037	2.50	-2.50
P.109	172160.000	635.811	638.468	161.680	483990.884	3945732.264	2.50	-2.50
P.110	172180.000	635.813	638.514	160.931	484007.302	3945743.686	2.50	-2.50
P.111	172200.000	635.698	638.560	160.182	484023.585	3945755.299	2.50	-2.50
P.112	172220.000	635.748	638.608	159.433	484039.729	3945767.104	2.50	-2.50
P.113	172240.000	635.336	638.658	158.684	484055.734	3945779.097	2.50	-2.50
P.114	172260.000	635.456	638.709	157.935	484071.597	3945791.279	2.50	-2.50
P.115	172280.000	635.413	638.761	157.186	484087.315	3945803.645	2.50	-2.50
P.116	172300.000	635.223	638.815	156.437	484102.886	3945816.196	2.50	-2.50
P.117	172320.000	634.690	638.870	155.688	484118.309	3945828.929	2.50	-2.50
P.118	172340.000	635.316	638.926	154.939	484133.581	3945841.843	2.50	-2.50
P.119	172360.000	635.383	638.984	154.190	484148.700	3945854.936	2.50	-2.50
P.120	172380.000	635.341	639.043	153.441	484163.663	3945868.205	2.50	-2.50
P.121	172400.000	635.481	639.104	152.692	484178.470	3945881.650	2.50	-2.50

N° profil	Abscisse Curviligne (m)	Cote TN (m)	Cote projet (m)	Angle profil (grade)	X Profil (m)	Y Profil (m)	Dévers	
							Gauche	Droite
P.122	172420.000	635.458	639.166	151.944	484193.118	3945895.268	2.50	-2.50
P.123	172440.000	635.475	639.229	151.195	484207.604	3945909.057	2.50	-2.50
P.124	172460.000	635.412	639.294	150.604	484221.931	3945923.012	2.50	-2.50
P.125	172480.000	635.480	639.360	150.604	484236.206	3945937.019	2.50	-2.50
P.126	172500.000	635.457	639.428	150.604	484250.482	3945951.027	2.50	-2.50
P.127	172520.000	635.330	639.497	150.604	484264.758	3945965.034	2.50	-2.50
P.128	172540.000	635.246	639.567	150.604	484279.033	3945979.041	2.50	-2.50
P.129	172560.000	635.516	639.639	150.604	484293.309	3945993.049	2.50	-2.50
P.130	172580.000	634.796	639.712	150.604	484307.584	3946007.056	2.50	-2.50
P.131	172600.000	634.711	639.786	150.604	484321.860	3946021.063	2.50	-2.50
P.132	172620.000	634.785	639.862	150.604	484336.136	3946035.071	2.50	-2.50
P.133	172640.000	634.821	639.939	150.604	484350.411	3946049.078	2.50	-2.50
P.134	172660.000	634.788	640.018	150.604	484364.687	3946063.085	2.50	-2.50
P.135	172680.000	634.473	640.098	150.604	484378.963	3946077.093	2.50	-2.50
P.136	172700.000	635.733	640.179	150.604	484393.238	3946091.100	2.50	-2.50
P.137	172720.000	636.093	640.262	150.604	484407.514	3946105.108	2.50	-2.50
P.138	172740.000	635.510	640.346	150.604	484421.790	3946119.115	2.50	-2.50
P.139	172760.000	635.435	640.432	150.604	484436.065	3946133.122	2.50	-2.50
P.140	172780.000	635.588	640.519	150.604	484450.341	3946147.130	2.50	-2.50
P.141	172800.000	635.627	640.607	150.604	484464.616	3946161.137	2.50	-2.50
P.142	172820.000	635.709	640.697	150.604	484478.892	3946175.144	2.50	-2.50
P.143	172840.000	635.842	640.788	150.604	484493.168	3946189.152	2.50	-2.50
P.144	172860.000	635.993	640.880	150.604	484507.443	3946203.159	2.50	-2.50
P.145	172880.000	636.178	640.974	150.604	484521.719	3946217.166	2.50	-2.50
P.146	172900.000	636.560	641.069	150.604	484535.995	3946231.174	2.50	-2.50
P.147	172920.000	637.056	641.166	150.604	484550.270	3946245.181	2.50	-2.50
P.148	172940.000	637.330	641.264	150.604	484564.546	3946259.189	2.50	-2.50
P.149	172960.000	637.369	641.363	150.604	484578.822	3946273.196	2.50	-2.50
P.150	172980.000	637.505	641.463	150.604	484593.097	3946287.203	2.50	-2.50
P.151	173000.000	637.534	641.563	150.831	484607.382	3946301.202	2.50	-2.50
P.152	173020.000	637.493	641.663	151.467	484621.777	3946315.086	2.50	-2.50
P.153	173040.000	637.551	641.763	152.104	484636.310	3946328.826	2.50	-2.50
P.154	173060.000	637.613	641.861	152.740	484650.980	3946342.420	2.50	-2.50
P.155	173080.000	637.566	641.942	153.377	484665.785	3946355.866	2.50	-2.50
P.156	173100.000	637.630	642.003	154.014	484680.723	3946369.164	2.50	-2.50
P.157	173120.000	637.545	642.044	154.650	484695.794	3946382.312	2.50	-2.50
P.158	173140.000	637.749	642.065	155.287	484710.996	3946395.308	2.50	-2.50
P.159	173160.000	637.871	642.066	155.924	484726.327	3946408.152	2.50	-2.50
P.160	173180.000	637.920	642.047	156.560	484741.785	3946420.842	2.50	-2.50
P.161	173200.000	637.971	642.008	157.197	484757.370	3946433.377	2.50	-2.50
P.162	173220.000	637.285	641.949	157.833	484773.079	3946445.755	2.50	-2.50
P.163	173240.000	637.962	641.870	158.470	484788.911	3946457.975	2.50	-2.50
P.164	173260.000	637.950	641.771	159.107	484804.865	3946470.037	2.50	-2.50
P.165	173280.000	637.781	641.652	159.743	484820.938	3946481.938	2.50	-2.50
P.166	173300.000	637.537	641.513	160.380	484837.130	3946493.678	2.50	-2.50
P.167	173320.000	637.443	641.354	161.017	484853.438	3946505.255	2.50	-2.50
P.168	173340.000	637.361	641.181	161.653	484869.861	3946516.669	2.50	-2.50
P.169	173360.000	637.263	641.007	162.290	484886.398	3946527.918	2.50	-2.50
P.170	173380.000	637.109	640.832	162.926	484903.046	3946539.001	2.50	-2.50
P.171	173400.000	637.082	640.658	163.563	484919.804	3946549.917	2.50	-2.50
P.172	173420.000	637.031	640.484	164.200	484936.671	3946560.665	2.50	-2.50
P.173	173440.000	636.974	640.310	164.836	484953.644	3946571.244	2.50	-2.50
P.174	173460.000	636.851	640.135	165.473	484970.722	3946581.653	2.50	-2.50
P.175	173480.000	636.755	639.961	166.109	484987.903	3946591.890	2.50	-2.50
P.176	173500.000	636.655	639.787	166.746	485005.186	3946601.955	2.50	-2.50
P.177	173520.000	636.463	639.612	167.383	485022.568	3946611.846	2.50	-2.50
P.178	173540.000	636.193	639.438	168.019	485040.049	3946621.564	2.50	-2.50
P.179	173560.000	636.043	639.264	168.656	485057.626	3946631.106	2.50	-2.50
P.180	173580.000	635.884	639.090	169.293	485075.297	3946640.471	2.50	-2.50
P.181	173600.000	635.840	638.915	169.929	485093.062	3946649.660	2.50	-2.50
P.182	173620.000	635.803	638.741	170.566	485110.917	3946658.670	2.50	-2.50
P.183	173640.000	635.735	638.567	171.202	485128.861	3946667.502	2.50	-2.50
P.184	173660.000	635.687	638.393	171.839	485146.893	3946676.153	2.50	-2.50

N° profil	Abscisse Curviligne (m)	Cote TN (m)	Cote projet (m)	Angle profil (grade)	X Profil (m)	Y Profil (m)	Dévers	
							Gauche	Droite
P.185	173680.000	635.352	638.218	172.476	485165.011	3946684.624	2.50	-2.50
P.186	173700.000	635.052	638.044	173.112	485183.212	3946692.913	2.50	-2.50
P.187	173720.000	634.879	637.870	173.749	485201.495	3946701.020	2.50	-2.50
P.188	173740.000	634.678	637.696	174.386	485219.858	3946708.943	2.50	-2.50
P.189	173760.000	634.595	637.521	175.022	485238.300	3946716.683	2.50	-2.50
P.190	173780.000	634.586	637.347	175.659	485256.818	3946724.238	2.50	-2.50
P.191	173800.000	634.457	637.173	176.046	485275.405	3946731.621	2.50	-2.50
P.192	173820.000	634.319	636.999	176.046	485294.006	3946738.970	2.50	-2.50
P.193	173840.000	634.211	636.824	176.046	485312.607	3946746.319	2.50	-2.50
P.194	173860.000	633.864	636.650	176.046	485331.208	3946753.668	2.50	-2.50
P.195	173880.000	633.406	636.476	176.046	485349.809	3946761.017	2.50	-2.50
P.196	173900.000	632.910	636.302	176.046	485368.410	3946768.366	2.50	-2.50
P.197	173920.000	632.644	636.127	176.046	485387.011	3946775.715	2.50	-2.50
P.198	173940.000	632.564	635.953	176.046	485405.612	3946783.064	2.50	-2.50
P.199	173960.000	632.466	635.788	176.046	485424.212	3946790.413	2.50	-2.50
P.200	173980.000	632.135	635.643	176.046	485442.813	3946797.762	2.50	-2.50
P.201	174000.000	632.083	635.519	176.046	485461.414	3946805.111	2.50	-2.50
P.202	174020.000	632.030	635.414	176.046	485480.015	3946812.460	2.50	-2.50
P.203	174040.000	631.980	635.329	176.046	485498.616	3946819.809	2.50	-2.50
P.204	174060.000	631.939	635.264	176.046	485517.217	3946827.158	2.50	-2.50
P.205	174080.000	631.913	635.220	176.046	485535.818	3946834.507	2.50	-2.50
P.206	174100.000	631.929	635.195	176.046	485554.418	3946841.856	2.50	-2.50
P.207	174120.000	631.949	635.190	176.046	485573.019	3946849.205	2.50	-2.50
P.208	174140.000	631.965	635.205	176.046	485591.620	3946856.554	2.50	-2.50
P.209	174160.000	632.115	635.241	176.046	485610.221	3946863.903	2.50	-2.50
P.210	174180.000	632.155	635.294	176.046	485628.822	3946871.252	2.50	-2.50
P.211	174200.000	632.136	635.352	176.273	485647.427	3946878.590	2.50	-2.50
P.212	174220.000	632.113	635.410	176.943	485666.092	3946885.775	2.50	-2.50
P.213	174240.000	632.125	635.468	177.613	485684.831	3946892.763	2.50	-2.50
P.214	174260.000	632.160	635.526	178.283	485703.643	3946899.553	2.50	-2.50
P.215	174280.000	632.200	635.584	178.953	485722.526	3946906.144	2.50	-2.50
P.216	174300.000	632.252	635.642	179.623	485741.477	3946912.537	2.50	-2.50
P.217	174320.000	632.270	635.700	180.293	485760.494	3946918.730	2.50	-2.50
P.218	174340.000	632.313	635.758	180.964	485779.575	3946924.722	2.50	-2.50
P.219	174360.000	632.374	635.816	181.634	485798.718	3946930.513	2.50	-2.50
P.220	174380.000	632.408	635.874	182.304	485817.921	3946936.102	2.50	-2.50
P.221	174400.000	632.457	635.932	182.974	485837.182	3946941.489	2.50	-2.50
P.222	174420.000	632.510	635.990	183.644	485856.498	3946946.673	2.50	-2.50
P.223	174440.000	632.558	636.048	184.314	485875.868	3946951.653	2.50	-2.50
P.224	174460.000	632.616	636.106	184.984	485895.289	3946956.429	2.50	-2.50
P.225	174480.000	632.662	636.164	185.654	485914.760	3946961.000	2.50	-2.50
P.226	174500.000	632.706	636.222	186.325	485934.277	3946965.366	2.50	-2.50
P.227	174520.000	632.751	636.280	186.995	485953.840	3946969.527	2.50	-2.50
P.228	174540.000	632.822	636.338	187.665	485973.445	3946973.481	2.50	-2.50
P.229	174560.000	632.872	636.396	188.335	485993.091	3946977.229	2.50	-2.50
P.230	174580.000	632.937	636.454	189.005	486012.775	3946980.769	2.50	-2.50
P.231	174600.000	632.993	636.512	189.675	486032.495	3946984.103	2.50	-2.50
P.232	174620.000	633.039	636.570	190.345	486052.249	3946987.228	2.50	-2.50
P.233	174640.000	633.333	636.628	191.015	486072.035	3946990.145	2.50	-2.50
P.234	174660.000	633.497	636.686	191.686	486091.850	3946992.854	2.50	-2.50
P.235	174680.000	633.633	636.744	192.356	486111.693	3946995.355	2.50	-2.50
P.236	174700.000	633.592	636.802	193.026	486131.562	3946997.646	2.50	-2.50
P.237	174720.000	633.883	636.860	193.696	486151.453	3946999.728	2.50	-2.50
P.238	174740.000	633.904	636.918	194.366	486171.365	3947001.600	2.50	-2.50
P.239	174760.000	633.968	636.976	195.036	486191.296	3947003.263	2.50	-2.50
P.240	174780.000	633.953	637.034	195.706	486211.243	3947004.716	2.50	-2.50
P.241	174800.000	633.996	637.092	196.376	486231.204	3947005.959	2.50	-2.50
P.242	174820.000	634.032	637.150	197.047	486251.177	3947006.991	2.50	-2.50
P.243	174840.000	634.030	637.208	197.717	486271.160	3947007.814	2.50	-2.50
P.244	174860.000	634.040	637.266	198.387	486291.151	3947008.426	2.50	-2.50
P.245	174880.000	634.122	637.324	199.057	486311.147	3947008.827	2.50	-2.50
P.246	174900.000	634.153	637.382	199.727	486331.146	3947009.018	2.50	-2.50
P.247	174920.000	634.218	637.440	200.397	486351.146	3947008.999	2.50	-2.50

N° profil	Abscisse Curviligne (m)	Cote TN (m)	Cote projet (m)	Angle profil (grade)	X Profil (m)	Y Profil (m)	Dévers	
							Gauche	Droite
P.248	174940.000	634.327	637.498	201.067	486371.144	3947008.769	2.50	-2.50
P.249	174960.000	634.351	637.556	201.737	486391.139	3947008.328	2.50	-2.50
P.250	174980.000	634.363	637.614	202.408	486411.128	3947007.677	2.50	-2.50
P.251	175000.000	634.394	637.672	203.078	486431.110	3947006.816	2.50	-2.50
P.252	175020.000	634.404	637.729	203.748	486451.081	3947005.744	2.50	-2.50
P.253	175040.000	634.441	637.787	204.418	486471.040	3947004.463	2.50	-2.50
P.254	175060.000	634.499	637.845	205.063	486490.984	3947002.971	2.50	-2.50
P.255	175080.000	634.579	637.903	205.063	486510.921	3947001.382	2.50	-2.50
P.256	175100.000	634.607	637.961	205.063	486530.858	3946999.793	2.50	-2.50
P.257	175120.000	634.667	638.019	205.063	486550.794	3946998.204	2.50	-2.50
P.258	175140.000	634.691	638.077	205.063	486570.731	3946996.616	2.50	-2.50
P.259	175160.000	634.740	638.135	205.063	486590.668	3946995.027	2.50	-2.50
P.260	175180.000	634.756	638.193	205.063	486610.605	3946993.438	2.50	-2.50
P.261	175200.000	634.838	638.251	205.063	486630.542	3946991.849	2.50	-2.50
P.262	175220.000	634.812	638.309	205.063	486650.478	3946990.261	2.50	-2.50
P.263	175240.000	634.868	638.367	205.063	486670.415	3946988.672	2.50	-2.50
P.264	175260.000	634.929	638.425	205.063	486690.352	3946987.083	2.50	-2.50
P.265	175280.000	634.970	638.483	205.063	486710.289	3946985.494	2.50	-2.50
P.266	175300.000	634.984	638.541	205.063	486730.226	3946983.905	2.50	-2.50
P.267	175320.000	635.000	638.599	205.063	486750.162	3946982.317	2.50	-2.50
P.268	175340.000	635.046	638.657	205.063	486770.099	3946980.728	2.50	-2.50
P.269	175360.000	635.152	638.715	205.063	486790.036	3946979.139	2.50	-2.50
P.270	175380.000	635.290	638.773	205.063	486809.973	3946977.550	2.50	-2.50
P.271	175400.000	635.421	638.831	205.063	486829.909	3946975.961	2.50	-2.50
P.272	175420.000	635.473	638.889	205.063	486849.846	3946974.373	2.50	-2.50
P.273	175440.000	635.579	638.947	205.063	486869.783	3946972.784	2.50	-2.50
P.274	175460.000	635.675	639.005	205.063	486889.720	3946971.195	2.50	-2.50
P.275	175480.000	635.728	639.063	205.063	486909.657	3946969.606	2.50	-2.50
P.276	175500.000	635.802	639.121	205.063	486929.593	3946968.017	2.50	-2.50
P.277	175520.000	635.750	639.179	205.063	486949.530	3946966.429	2.50	-2.50
P.278	175540.000	635.972	639.237	205.063	486969.467	3946964.840	2.50	-2.50
P.279	175560.000	636.111	639.295	205.063	486989.404	3946963.251	2.50	-2.50
P.280	175580.000	636.135	639.353	205.063	487009.341	3946961.662	2.50	-2.50
P.281	175600.000	636.186	639.411	205.063	487029.277	3946960.073	2.50	-2.50
P.282	175620.000	636.289	639.469	205.063	487049.214	3946958.485	2.50	-2.50
P.283	175640.000	636.435	639.527	205.063	487069.151	3946956.896	2.50	-2.50
P.284	175660.000	636.589	639.585	205.063	487089.088	3946955.307	2.50	-2.50
P.285	175680.000	636.670	639.643	204.823	487109.026	3946953.730	2.50	-2.50
P.286	175700.000	636.789	639.701	204.074	487128.977	3946952.334	2.50	-2.50
P.287	175720.000	636.837	639.759	203.325	487148.943	3946951.172	2.50	-2.50
P.288	175740.000	636.871	639.817	202.576	487168.921	3946950.245	2.50	-2.50
P.289	175760.000	637.015	639.875	201.827	487188.909	3946949.554	2.50	-2.50
P.290	175780.000	637.113	639.933	201.078	487208.904	3946949.097	2.50	-2.50
P.291	175800.000	637.147	639.991	200.329	487228.902	3946948.876	2.50	-2.50
P.292	175820.000	637.174	640.049	199.580	487248.902	3946948.891	2.50	-2.50
P.293	175840.000	637.237	640.107	198.831	487268.901	3946949.140	2.50	-2.50
P.294	175860.000	637.273	640.165	198.083	487288.895	3946949.625	2.50	-2.50
P.295	175880.000	637.308	640.222	197.334	487308.882	3946950.345	2.50	-2.50
P.296	175900.000	637.343	640.280	196.585	487328.859	3946951.299	2.50	-2.50
P.297	175920.000	637.360	640.338	195.836	487348.823	3946952.489	2.50	-2.50
P.298	175940.000	637.358	640.396	195.087	487368.772	3946953.914	2.50	-2.50
P.299	175960.000	637.387	640.454	194.338	487388.703	3946955.573	2.50	-2.50
P.300	175980.000	637.511	640.512	193.589	487408.613	3946957.467	2.50	-2.50
P.301	176000.000	637.567	640.570	192.840	487428.499	3946959.595	2.50	-2.50
P.302	176020.000	637.681	640.628	192.091	487448.359	3946961.956	2.50	-2.50
P.303	176040.000	637.720	640.686	191.342	487468.190	3946964.551	2.50	-2.50
P.304	176060.000	637.734	640.744	190.593	487487.989	3946967.380	2.50	-2.50
P.305	176080.000	637.734	640.802	189.844	487507.753	3946970.440	2.50	-2.50
P.306	176100.000	637.832	640.860	189.095	487527.480	3946973.734	2.50	-2.50
P.307	176120.000	638.001	640.918	188.346	487547.167	3946977.259	2.50	-2.50
P.308	176140.000	638.119	640.976	187.597	487566.811	3946981.015	2.50	-2.50
P.309	176160.000	638.218	641.034	186.848	487586.409	3946985.002	2.50	-2.50
P.310	176180.000	638.313	641.092	186.099	487605.960	3946989.220	2.50	-2.50

N° profil	Abscisse Curviligne (m)	Cote TN (m)	Cote projet (m)	Angle profil (grade)	X Profil (m)	Y Profil (m)	Dévers	
							Gauche	Droite
P.311	176200.000	638.367	641.150	185.350	487625.459	3946993.667	2.50	-2.50
P.312	176220.000	638.444	641.208	184.601	487644.904	3946998.343	2.50	-2.50
P.313	176240.000	638.524	641.266	183.852	487664.293	3947003.248	2.50	-2.50
P.314	176260.000	638.548	641.324	183.103	487683.624	3947008.381	2.50	-2.50
P.315	176280.000	638.578	641.382	182.354	487702.892	3947013.740	2.50	-2.50
P.316	176300.000	638.606	641.440	181.605	487722.096	3947019.326	2.50	-2.50
P.317	176320.000	638.643	641.498	180.856	487741.233	3947025.138	2.50	-2.50
P.318	176340.000	638.753	641.556	180.107	487760.300	3947031.174	2.50	-2.50
P.319	176360.000	638.740	641.614	179.358	487779.295	3947037.434	2.50	-2.50
P.320	176380.000	638.743	641.672	178.609	487798.215	3947043.917	2.50	-2.50
P.321	176400.000	638.905	641.730	177.860	487817.057	3947050.622	2.50	-2.50
P.322	176420.000	639.054	641.788	177.112	487835.820	3947057.548	2.50	-2.50
P.323	176440.000	639.225	641.846	176.363	487854.499	3947064.695	2.50	-2.50
P.324	176460.000	639.452	641.904	175.614	487873.093	3947072.061	2.50	-2.50
P.325	176480.000	639.556	641.962	174.865	487891.599	3947079.645	2.50	-2.50
P.326	176500.000	639.595	642.020	174.116	487910.015	3947087.447	2.50	-2.50
P.327	176520.000	639.663	642.078	173.367	487928.337	3947095.464	2.50	-2.50
P.328	176540.000	639.975	642.136	172.618	487946.564	3947103.697	2.50	-2.50
P.329	176560.000	640.029	642.194	171.869	487964.693	3947112.143	2.50	-2.50
P.330	176580.000	640.047	642.252	171.120	487982.721	3947120.802	2.50	-2.50
P.331	176600.000	640.092	642.310	170.371	488000.646	3947129.672	2.50	-2.50
P.332	176620.000	640.209	642.368	169.622	488018.466	3947138.753	2.50	-2.50
P.333	176640.000	640.309	642.426	168.873	488036.177	3947148.043	2.50	-2.50
P.334	176660.000	640.505	642.484	168.124	488053.778	3947157.540	2.50	-2.50
P.335	176680.000	640.601	642.542	167.375	488071.266	3947167.244	2.50	-2.50
P.336	176700.000	640.558	642.600	166.626	488088.639	3947177.153	2.50	-2.50
P.337	176720.000	640.407	642.658	165.877	488105.894	3947187.266	2.50	-2.50
P.338	176740.000	640.327	642.715	165.128	488123.028	3947197.581	2.50	-2.50
P.339	176760.000	640.340	642.773	164.379	488140.041	3947208.097	2.50	-2.50
P.340	176780.000	640.346	642.831	163.630	488156.928	3947218.812	2.50	-2.50
P.341	176800.000	640.387	642.889	162.881	488173.688	3947229.725	2.50	-2.50
P.342	176820.000	640.389	642.947	162.821	488190.373	3947240.752	2.50	-2.50
P.343	176840.000	640.413	643.005	162.821	488207.059	3947251.779	2.50	-2.50
P.344	176860.000	640.505	643.063	162.821	488223.744	3947262.807	2.50	-2.50
P.345	176880.000	640.400	643.121	162.821	488240.429	3947273.834	2.50	-2.50
P.346	176900.000	640.454	643.179	162.821	488257.114	3947284.861	2.50	-2.50
P.347	176920.000	640.635	643.237	162.821	488273.800	3947295.889	2.50	-2.50
P.348	176940.000	640.678	643.295	162.821	488290.485	3947306.916	2.50	-2.50
P.349	176960.000	640.670	643.353	162.821	488307.170	3947317.943	2.50	-2.50
P.350	176980.000	641.428	643.411	162.821	488323.855	3947328.971	2.50	-2.50
P.351	177000.000	640.987	643.469	162.821	488340.541	3947339.998	2.50	-2.50
P.352	177020.000	640.990	643.527	162.821	488357.226	3947351.025	2.50	-2.50
P.353	177040.000	641.011	643.585	162.821	488373.911	3947362.053	2.50	-2.50
P.354	177060.000	642.149	643.643	162.821	488390.596	3947373.080	2.50	-2.50
P.355	177080.000	641.095	643.701	162.821	488407.282	3947384.107	2.50	-2.50
P.356	177100.000	641.445	643.759	162.821	488423.967	3947395.135	2.50	-2.50
P.357	177120.000	641.536	643.817	162.821	488440.652	3947406.162	2.50	-2.50
P.358	177140.000	641.567	643.875	162.821	488457.337	3947417.189	2.50	-2.50
P.359	177160.000	641.658	643.933	162.821	488474.023	3947428.217	2.50	-2.50
P.360	177180.000	641.733	643.991	162.821	488490.708	3947439.244	2.50	-2.50
P.361	177200.000	641.814	644.049	162.821	488507.393	3947450.271	2.50	-2.50
P.362	177220.000	641.927	644.107	162.821	488524.079	3947461.299	2.50	-2.50
P.363	177240.000	641.977	644.165	162.821	488540.764	3947472.326	2.50	-2.50
P.364	177260.000	642.080	644.223	162.821	488557.449	3947483.353	2.50	-2.50
P.365	177280.000	642.171	644.281	162.821	488574.134	3947494.381	2.50	-2.50
P.366	177300.000	642.231	644.339	162.821	488590.820	3947505.408	2.50	-2.50
P.367	177320.000	642.314	644.397	162.821	488607.505	3947516.436	2.50	-2.50
P.368	177340.000	642.357	644.455	162.821	488624.190	3947527.463	2.50	-2.50
P.369	177360.000	642.421	644.513	162.821	488640.875	3947538.490	2.50	-2.50
P.370	177380.000	642.544	644.571	162.821	488657.561	3947549.518	2.50	-2.50
P.371	177392.879	642.608	644.608	162.821	488668.305	3947556.619	2.50	-2.50

Volumes de chaussée

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSÉE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	26.5	20.5	8.4	22.7	1.8
2	20.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
3	40.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
4	60.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
5	80.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
6	100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
7	120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
8	140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
9	160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
10	180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
11	200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
12	220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
13	240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
14	260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
15	280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
16	300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
17	320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
18	340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
19	360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
20	380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
21	400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
22	420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
23	440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
24	460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
25	480.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
26	500.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
27	520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
28	540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
29	560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
30	580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
31	600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
32	620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
33	640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
34	660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
35	680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
36	700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
37	720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
38	740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
39	760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
40	780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
41	800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
42	820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
43	840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
44	860.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
45	880.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
46	900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
47	920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
48	940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
49	960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
50	980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
51	1000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
52	1020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
53	1040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
54	1060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6

55	1080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
56	1100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
57	1120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
58	1140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
59	1160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
60	1180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
61	1200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
62	1220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
63	1240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
64	1260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
65	1280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
66	1300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
67	1320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
68	1340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
69	1360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
70	1380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
71	1400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
72	1420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
73	1440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
74	1460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
75	1480.000	51.9	40.3	16.5	44.5	3.5
76	1499.243	26.5	20.5	8.4	22.7	1.8
77	1500.000	27.5	21.3	8.7	23.5	1.9
78	1520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
79	1540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
80	1560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
81	1580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
82	1600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
83	1620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
84	1640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
85	1660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
86	1680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
87	1700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
88	1720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
89	1740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
90	1760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
91	1780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
92	1800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
93	1820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
94	1840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
95	1860.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
96	1880.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
97	1900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
98	1920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
99	1940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
100	1960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
101	1980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
102	2000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
103	2020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
104	2040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
105	2060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
106	2080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
107	2100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
108	2120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
109	2140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
110	2160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
111	2180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
112	2200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
113	2220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
114	2240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6

115	2260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
116	2280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
117	2300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
118	2320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
119	2340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
120	2360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
121	2380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
122	2400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
123	2420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
124	2440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
125	2460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
126	2480.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
127	2500.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
128	2520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
129	2540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
130	2560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
131	2580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
132	2600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
133	2620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
134	2640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
135	2660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
136	2680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
137	2700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
138	2720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
139	2740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
140	2760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
141	2780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
142	2800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
143	2820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
144	2840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
145	2860.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
146	2880.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
147	2900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
148	2920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
149	2940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
150	2960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
151	2980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
152	3000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
153	3020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
154	3040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
155	3060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
156	3080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
157	3100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
158	3120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
159	3140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
160	3160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
161	3180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
162	3200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
163	3220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
164	3240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
165	3260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
166	3280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
167	3300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
168	3320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
169	3340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
170	3360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
171	3380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
172	3400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
173	3420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
174	3440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6

175	3460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
176	3480.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
177	3500.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
178	3520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
179	3540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
180	3560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
181	3580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
182	3600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
183	3620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
184	3640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
185	3660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
186	3680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
187	3700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
188	3720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
189	3740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
190	3760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
191	3780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
192	3800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
193	3820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
194	3840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
195	3860.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
196	3880.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
197	3900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
198	3920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
199	3940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
200	3960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
201	3980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
202	4000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
203	4020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
204	4040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
205	4060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
206	4080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
207	4100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
208	4120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
209	4140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
210	4160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
211	4180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
212	4200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
213	4220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
214	4240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
215	4260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
216	4280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
217	4300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
218	4320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
219	4340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
220	4360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
221	4380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
222	4400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
223	4420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
224	4440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
225	4460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
226	4480.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
227	4500.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
228	4520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
229	4540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
230	4560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
231	4580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
232	4600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
233	4620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
234	4640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6

235	4660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
236	4680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
237	4700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
238	4720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
239	4740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
240	4760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
241	4780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
242	4800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
243	4820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
244	4840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
245	4860.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
246	4880.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
247	4900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
248	4920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
249	4940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
250	4960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
251	4980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
252	5000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
253	5020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
254	5040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
255	5060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
256	5080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
257	5100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
258	5120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
259	5140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
260	5160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
261	5180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
262	5200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
263	5220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
264	5240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
265	5260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
266	5280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
267	5300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
268	5320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
269	5340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
270	5360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
271	5380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
272	5400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
273	5420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
274	5440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
275	5460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
276	5480.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
277	5500.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
278	5520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
279	5540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
280	5560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
281	5580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
282	5600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
283	5620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
284	5640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
285	5660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
286	5680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
287	5700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
288	5720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
289	5740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
290	5760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
291	5780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
292	5800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
293	5820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
294	5840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6

295	5860.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
296	5880.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
297	5900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
298	5920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
299	5940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
300	5960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
301	5980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
302	6000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
303	6020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
304	6040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
305	6060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
306	6080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
307	6100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
308	6120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
309	6140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
310	6160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
311	6180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
312	6200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
313	6220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
314	6240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
315	6260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
316	6280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
317	6300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
318	6320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
319	6340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
320	6360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
321	6380.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
322	6400.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
323	6420.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
324	6440.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
325	6460.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
326	6480.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
327	6500.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
328	6520.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
329	6540.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
330	6560.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
331	6580.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
332	6600.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
333	6620.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
334	6640.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
335	6660.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
336	6680.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
337	6700.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
338	6720.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
339	6740.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
340	6760.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
341	6780.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
342	6800.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
343	6820.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
344	6840.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
345	6860.000	52.9	41.1	16.8	44.0	3.6
346	6880.000	52.9	41.1	16.8	44.7	3.6
347	6900.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
348	6920.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
349	6940.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
350	6960.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
351	6980.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
352	7000.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
353	7020.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
354	7040.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6

355	7060.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
356	7080.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
357	7100.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
358	7120.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
359	7140.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
360	7160.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
361	7180.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
362	7200.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
363	7220.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
364	7240.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
365	7260.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
366	7280.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
367	7300.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
368	7320.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
369	7340.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
370	7360.000	52.9	41.1	16.8	45.3	3.6
371	7380.000	43.5	33.8	13.8	37.3	3.0
372	7392.879	17.0	13.2	5.4	14.6	1.2
TOTAL		19561	15192	6210	16761	1331

VOLUMES DE TERRASSEMENT

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0.000	977.3	5.4	78.2
2	20.000	2056.3	11.4	158.9
3	40.000	2118.0	10.7	158.5
4	60.000	2146.8	10.6	159.5
5	80.000	2044.1	10.7	158.2
6	100.000	2063.0	10.6	158.5
7	120.000	2089.9	10.8	159.1
8	140.000	2008.3	11.5	157.9
9	160.000	2044.5	10.8	157.7
10	180.000	1977.4	11.0	156.5
11	200.000	1949.2	11.1	155.7
12	220.000	1827.5	10.8	154.4
13	240.000	1970.3	11.2	156.2
14	260.000	1740.1	10.8	152.5
15	280.000	1645.1	10.7	150.9
16	300.000	1632.9	10.7	151.3
17	320.000	1695.5	5.3	141.1
18	340.000	1534.2	11.1	148.3
19	360.000	1373.5	10.9	146.5
20	380.000	1255.3	11.1	143.4
21	400.000	1302.9	11.8	144.4
22	420.000	1294.9	11.2	144.4
23	440.000	1473.4	10.8	147.4
24	460.000	1340.0	11.0	144.4
25	480.000	1236.9	10.8	143.1
26	500.000	1328.7	10.7	145.0
27	520.000	1233.4	10.7	143.7
28	540.000	1254.9	11.2	143.6
29	560.000	1167.8	10.5	142.7
30	580.000	1140.5	10.8	141.6
31	600.000	907.6	11.4	138.9
32	620.000	674.0	11.1	133.7
33	640.000	961.5	10.6	138.5
34	660.000	984.5	11.5	138.6
35	680.000	981.9	10.9	137.8
36	700.000	965.7	10.8	138.4
37	720.000	967.6	10.8	138.6
38	740.000	948.7	11.3	137.3
39	760.000	1030.7	10.8	139.0
40	780.000	1083.0	11.1	139.9
41	800.000	850.9	11.3	136.7
42	820.000	832.6	10.8	135.2
43	840.000	837.9	10.7	135.5
44	860.000	845.5	10.5	135.5
45	880.000	842.1	10.6	135.6

ANNEXE4

46	900.000	836.0	10.5	135.5
47	920.000	791.4	10.6	134.6
48	940.000	765.5	10.7	134.2
49	960.000	711.7	10.7	133.4
50	980.000	692.4	10.7	132.8
51	1000.000	690.8	10.6	132.7
52	1020.000	682.6	10.8	132.4
53	1040.000	664.7	10.7	132.3
54	1060.000	690.1	10.6	132.6
55	1080.000	690.7	10.5	132.6
56	1100.000	719.9	10.7	133.1
57	1120.000	710.2	10.5	132.9
58	1140.000	684.7	10.7	132.4
59	1160.000	700.7	10.7	132.7
60	1180.000	622.7	10.9	130.9
61	1200.000	558.8	10.8	129.7
62	1220.000	560.5	10.8	130.3
63	1240.000	570.4	10.7	130.5
64	1260.000	570.4	10.7	130.6
65	1280.000	581.9	10.9	130.7
66	1300.000	577.3	10.5	130.4
67	1320.000	600.0	10.7	130.9
68	1340.000	581.8	10.9	130.0
69	1360.000	618.9	10.8	131.1
70	1380.000	711.0	11.1	133.3
71	1400.000	672.7	11.5	133.2
72	1420.000	887.6	11.9	136.4
73	1440.000	669.1	0.0	112.4
74	1460.000	1027.8	6.4	123.0
75	1480.000	1189.3	5.1	125.3
76	1499.243	317.4	3.1	60.6
77	1500.000	325.5	3.1	62.9
78	1520.000	729.0	5.7	123.3
79	1540.000	1151.5	0.0	119.5
80	1560.000	1380.0	0.0	128.1
81	1580.000	922.9	10.6	140.2
82	1600.000	1308.3	10.6	147.4
83	1620.000	1517.6	13.2	146.9
84	1640.000	1235.9	12.6	142.6
85	1660.000	901.2	11.3	137.2
86	1680.000	826.4	10.8	135.6
87	1700.000	849.2	10.8	135.9
88	1720.000	836.8	10.7	135.8
89	1740.000	875.8	10.6	136.2
90	1760.000	867.3	11.0	135.9
91	1780.000	783.8	11.0	134.6
92	1800.000	706.0	11.2	133.0
93	1820.000	669.7	11.4	132.8
94	1840.000	622.4	10.9	131.5
95	1860.000	583.3	10.7	131.0

ANNEXE4

96	1880.000	625.5	10.6	132.5
97	1900.000	620.5	5.4	121.4
98	1920.000	1079.3	10.6	144.7
99	1940.000	1077.4	12.2	141.8
100	1960.000	979.1	5.6	131.7
101	1980.000	851.4	11.8	136.9
102	2000.000	895.1	11.7	137.6
103	2020.000	988.5	10.9	138.8
104	2040.000	1028.4	11.1	139.6
105	2060.000	1194.1	6.0	132.8
106	2080.000	1590.1	5.7	142.5
107	2100.000	1756.6	11.8	150.0
108	2120.000	1706.9	5.8	140.0
109	2140.000	1650.5	5.4	139.3
110	2160.000	1546.5	5.3	140.6
111	2180.000	1439.7	11.2	147.3
112	2200.000	1544.3	5.9	139.7
113	2220.000	1686.1	5.3	140.9
114	2240.000	1809.2	5.6	143.8
115	2260.000	1804.8	11.0	154.0
116	2280.000	1897.5	11.2	155.9
117	2300.000	1954.1	11.8	156.7
118	2320.000	2203.7	11.9	157.3
119	2340.000	2025.3	11.0	157.5
120	2360.000	2015.2	10.5	156.9
121	2380.000	2074.5	10.6	157.6
122	2400.000	2044.0	10.8	157.4
123	2420.000	2116.2	10.9	159.1
124	2440.000	2160.1	10.7	159.8
125	2460.000	2256.4	10.8	162.0
126	2480.000	2208.1	10.5	160.7
127	2500.000	2266.6	10.8	161.1
128	2520.000	2410.8	10.8	162.9
129	2540.000	2530.3	11.1	165.5
130	2560.000	2600.0	11.5	169.8
131	2580.000	2795.0	5.7	158.0
132	2600.000	3049.0	5.8	161.7
133	2620.000	3136.1	5.8	165.8
134	2640.000	3047.3	0.0	149.8
135	2660.000	3097.4	5.3	163.4
136	2680.000	3505.2	6.1	173.8
137	2700.000	2879.5	6.0	162.9
138	2720.000	2467.3	5.7	162.4
139	2740.000	3061.1	5.8	164.9
140	2760.000	3085.2	11.2	173.3
141	2780.000	3047.5	11.2	174.4
142	2800.000	3038.9	10.9	173.7
143	2820.000	3051.8	11.7	174.2
144	2840.000	3017.1	10.9	172.9
145	2860.000	2945.7	10.7	172.5

ANNEXE4

146	2880.000	2911.8	11.0	172.2
147	2900.000	2689.1	10.8	168.6
148	2920.000	2417.1	11.0	164.9
149	2940.000	2246.3	11.4	161.1
150	2960.000	2304.1	10.8	162.0
151	2980.000	2304.8	10.7	162.4
152	3000.000	2339.9	10.9	163.1
153	3020.000	2441.5	10.7	164.4
154	3040.000	2498.7	11.4	165.7
155	3060.000	2491.4	10.9	165.5
156	3080.000	2536.4	10.5	165.6
157	3100.000	2520.2	11.0	167.0
158	3120.000	2695.9	10.5	168.5
159	3140.000	2553.6	10.8	166.5
160	3160.000	2466.4	11.0	165.3
161	3180.000	2412.1	10.9	164.5
162	3200.000	2346.4	10.7	163.3
163	3220.000	2498.3	5.2	151.2
164	3240.000	2228.9	5.3	151.3
165	3260.000	2189.3	10.7	160.4
166	3280.000	2231.1	10.9	161.4
167	3300.000	2301.3	10.7	162.3
168	3320.000	2257.5	10.7	161.7
169	3340.000	2184.7	10.6	160.0
170	3360.000	2132.9	10.7	159.4
171	3380.000	2094.9	10.8	158.5
172	3400.000	1990.5	10.6	156.6
173	3420.000	1913.2	10.8	155.5
174	3440.000	1849.2	10.6	154.1
175	3460.000	1810.9	10.6	153.8
176	3480.000	1746.6	10.6	152.3
177	3500.000	1722.4	10.6	152.5
178	3520.000	1731.6	10.5	152.5
179	3540.000	1768.3	10.9	153.4
180	3560.000	1772.2	10.6	153.3
181	3580.000	1745.2	10.9	152.5
182	3600.000	1676.6	10.5	151.7
183	3620.000	1584.7	10.6	149.8
184	3640.000	1501.6	10.6	148.3
185	3660.000	1438.0	10.9	148.0
186	3680.000	1506.7	11.0	147.6
187	3700.000	1584.0	10.7	149.7
188	3720.000	1588.1	10.8	149.5
189	3740.000	1594.7	10.8	149.2
190	3760.000	1547.1	11.2	148.5
191	3780.000	1447.8	10.6	146.9
192	3800.000	1412.5	10.6	146.5
193	3820.000	1372.5	11.0	145.1
194	3840.000	1354.8	10.8	145.4
195	3860.000	1466.1	11.1	147.8

ANNEXE4

196	3880.000	1651.4	10.8	150.7
197	3900.000	1864.1	11.1	154.2
198	3920.000	1938.8	10.7	155.8
199	3940.000	1882.9	10.8	155.2
200	3960.000	1840.7	11.1	154.1
201	3980.000	1972.9	10.7	156.8
202	4000.000	1906.5	10.5	155.3
203	4020.000	1872.5	10.5	154.9
204	4040.000	1855.9	10.6	154.5
205	4060.000	1841.2	10.7	154.5
206	4080.000	1824.7	10.6	154.1
207	4100.000	1800.8	10.6	153.5
208	4120.000	1782.2	10.6	153.4
209	4140.000	1774.6	10.6	153.2
210	4160.000	1709.6	10.5	152.2
211	4180.000	1711.2	10.6	152.0
212	4200.000	1759.8	10.5	152.9
213	4220.000	1815.5	10.6	153.9
214	4240.000	1853.7	10.6	154.6
215	4260.000	1868.0	10.6	154.8
216	4280.000	1876.9	10.6	154.9
217	4300.000	1891.4	10.6	155.3
218	4320.000	1909.1	10.5	155.4
219	4340.000	1917.5	10.6	155.6
220	4360.000	1915.4	10.6	155.6
221	4380.000	1931.0	10.6	155.8
222	4400.000	1935.7	10.7	156.0
223	4420.000	1945.9	10.6	156.1
224	4440.000	1953.3	10.6	156.2
225	4460.000	1953.2	10.7	156.3
226	4480.000	1957.8	10.5	156.3
227	4500.000	1968.6	10.6	156.4
228	4520.000	1974.1	10.5	156.6
229	4540.000	1968.7	10.6	156.6
230	4560.000	1969.0	10.6	156.4
231	4580.000	1966.8	10.7	156.6
232	4600.000	1973.2	10.7	156.7
233	4620.000	1952.3	11.0	155.5
234	4640.000	1814.2	10.7	153.7
235	4660.000	1744.9	10.6	152.7
236	4680.000	1720.5	10.6	152.5
237	4700.000	1755.0	10.7	152.9
238	4720.000	1586.3	10.6	150.0
239	4740.000	1624.3	10.6	150.5
240	4760.000	1629.9	10.5	150.7
241	4780.000	1665.9	10.5	151.2
242	4800.000	1678.8	10.7	151.6
243	4820.000	1693.8	10.6	151.8
244	4840.000	1734.3	10.6	152.5
245	4860.000	1758.8	11.0	152.6

ANNEXE4

246	4880.000	1749.5	10.6	152.7
247	4900.000	1771.7	10.6	153.1
248	4920.000	1761.7	10.7	152.9
249	4940.000	1770.1	10.6	153.5
250	4960.000	1749.7	11.1	152.9
251	4980.000	1778.5	10.7	153.2
252	5000.000	1802.2	10.7	153.5
253	5020.000	1829.1	10.6	154.0
254	5040.000	1850.4	10.6	154.5
255	5060.000	1858.4	10.9	154.7
256	5080.000	1839.4	10.6	154.5
257	5100.000	1857.0	10.6	154.8
258	5120.000	1858.4	10.7	154.8
259	5140.000	1884.8	10.6	155.3
260	5160.000	1887.2	10.7	155.2
261	5180.000	1902.7	10.9	155.4
262	5200.000	1907.1	10.7	155.7
263	5220.000	1951.9	10.7	156.3
264	5240.000	1964.4	10.7	156.5
265	5260.000	1955.4	10.7	156.3
266	5280.000	1973.8	10.7	156.7
267	5300.000	2001.7	10.5	157.2
268	5320.000	2019.2	10.5	157.2
269	5340.000	2029.2	10.7	157.4
270	5360.000	1995.1	10.7	156.8
271	5380.000	1937.8	10.7	155.9
272	5400.000	1898.1	10.8	155.5
273	5420.000	1902.6	10.6	155.5
274	5440.000	1867.7	10.8	154.7
275	5460.000	1837.8	10.7	154.4
276	5480.000	1848.8	10.7	154.6
277	5500.000	1840.8	10.7	154.6
278	5520.000	1873.6	11.0	154.2
279	5540.000	1805.6	10.6	154.0
280	5560.000	1759.9	10.8	153.4
281	5580.000	1774.9	10.5	153.2
282	5600.000	1770.0	10.4	153.2
283	5620.000	1728.9	10.5	152.3
284	5640.000	1671.4	10.7	151.4
285	5660.000	1616.6	10.7	150.6
286	5680.000	1605.3	10.7	150.2
287	5700.000	1563.5	10.7	149.5
288	5720.000	1566.1	10.8	149.5
289	5740.000	1574.5	10.8	149.4
290	5760.000	1513.7	10.5	148.5
291	5780.000	1495.8	10.6	148.2
292	5800.000	1513.0	10.5	148.5
293	5820.000	1529.0	10.6	148.8
294	5840.000	1529.5	10.5	148.8
295	5860.000	1536.9	10.6	148.8

ANNEXE4

296	5880.000	1567.0	10.7	149.6
297	5900.000	1573.2	10.6	149.6
298	5920.000	1604.2	10.7	150.0
299	5940.000	1638.6	10.8	150.7
300	5960.000	1662.3	10.8	151.0
301	5980.000	1595.1	10.7	149.7
302	6000.000	1613.9	10.7	150.2
303	6020.000	1591.5	10.7	150.3
304	6040.000	1616.4	10.6	150.9
305	6060.000	1640.1	10.8	150.8
306	6080.000	1655.9	10.7	150.9
307	6100.000	1645.2	10.6	150.8
308	6120.000	1573.5	10.7	149.7
309	6140.000	1519.8	10.6	148.6
310	6160.000	1490.4	10.8	148.2
311	6180.000	1476.7	10.7	147.8
312	6200.000	1461.8	10.8	147.3
313	6220.000	1461.0	10.6	147.6
314	6240.000	1451.5	10.8	147.6
315	6260.000	1467.7	10.8	147.7
316	6280.000	1485.7	10.6	148.0
317	6300.000	1510.7	10.5	148.5
318	6320.000	1523.9	10.4	149.4
319	6340.000	1493.8	10.8	148.5
320	6360.000	1530.7	10.7	148.7
321	6380.000	1535.2	10.6	148.4
322	6400.000	1518.5	10.7	148.7
323	6420.000	1439.7	10.6	147.4
324	6440.000	1368.4	10.9	146.1
325	6460.000	1258.5	10.7	144.0
326	6480.000	1236.7	10.7	143.5
327	6500.000	1241.5	10.5	143.4
328	6520.000	1238.5	10.6	143.5
329	6540.000	1078.8	11.2	141.0
330	6560.000	1084.2	10.6	140.5
331	6580.000	1108.5	10.7	141.0
332	6600.000	1110.5	10.6	140.9
333	6620.000	1069.6	10.6	140.2
334	6640.000	1044.4	10.7	139.5
335	6660.000	974.5	11.1	139.3
336	6680.000	969.4	11.1	139.3
337	6700.000	1024.7	11.2	140.1
338	6720.000	1113.8	11.0	140.9
339	6740.000	1154.1	5.5	130.7
340	6760.000	1235.2	11.4	142.7
341	6780.000	1274.6	10.5	144.1
342	6800.000	1290.9	10.7	144.4
343	6820.000	1240.2	5.4	131.2
344	6840.000	1336.9	5.4	134.4
345	6860.000	574.6	64.6	99.2

ANNEXE4

346	6880.000	1107.9	18.3	123.4
347	6900.000	1430.8	11.0	147.4
348	6920.000	1367.0	10.8	145.8
349	6940.000	1371.7	10.9	146.1
350	6960.000	1405.5	10.6	146.6
351	6980.000	959.6	10.9	137.8
352	7000.000	1276.8	10.9	144.2
353	7020.000	1315.9	10.6	144.9
354	7040.000	1320.7	10.7	144.5
355	7060.000	681.5	12.2	132.0
356	7080.000	1357.2	10.5	145.6
357	7100.000	1173.9	10.5	142.1
358	7120.000	1151.2	10.7	141.7
359	7140.000	1175.7	10.7	142.1
360	7160.000	1145.3	10.6	141.6
361	7180.000	1132.3	10.6	141.4
362	7200.000	1127.2	10.6	141.3
363	7220.000	1096.2	10.5	140.8
364	7240.000	1092.9	10.7	140.9
365	7260.000	1069.7	10.6	140.2
366	7280.000	1046.8	10.5	139.7
367	7300.000	1042.4	10.5	139.6
368	7320.000	1034.7	10.6	139.6
369	7340.000	1036.8	10.7	139.6
370	7360.000	1026.6	10.7	139.2
371	7380.000	818.4	8.7	114.1
372	7392.879	317.3	3.4	44.6
TOTAL	7392.879	586217	3868	54831