

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction



Département de Génie Civil

Mémoire de Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme

Master Professionnel en génie civil

Option : voies et ouvrages d'art

THEME

Etude APD d'un tronçon de la nouvelle
auto-route express

« FREHA-AGHRIB-AZEFFOUN »

Sur un liniaire de 3.5Km



Réaliser par :

M^{elle} MEZIANI Djedjiga

M^{elle} SACI Sabrina

Encadré par :

M^r DEHMOUS Hocine

Promotion 2014/2015

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Présentation du projet.....	01
I. Introduction.....	01
II. Description du projet.....	01
III. L'objectif et l'utilité du projet.....	02
IV. Conclusion.....	03
Chapitre II : Etude du trafic.....	04
I. Introduction.....	04
II. Analyse du trafic.....	04
III. Différents types de trafics.....	05
IV. Modèle de présentation du trafic.....	05
V. Hypothèses de calcul.....	06
VI. Application au projet.....	08
VII. Conclusion	13
Chapitre III : Etude géométrique.....	15
I. Introduction.....	15
II. Tracé en plan.....	15
III. Profil en long.....	30
IV. Profil en travers type.....	36
V. Conclusion.....	39

Chapitre IV : Cubature et terrassement.....	40
I. Introduction.....	40
II. Terrassement.....	40
III. Le compactage.....	41
IV. Cubatures de Terrassement.....	41
V. Méthode de calcul.....	42
VI. Application au projet.....	44
Chapitre V : Dimensionnement de corps de chaussé.....	45
I. Introduction.....	45
II. La chaussé.....	46
III. Méthodes de dimensionnement des chaussées.....	50
IV. Application au projet.....	54
V. Conclusion.....	64
Chapitre VI : Hydraulique et Assainissement.....	65
I. Introduction.....	65
II. Objectif de l'assainissement.....	66
III. Assainissement de la chaussée.....	66
IV. Drainage des eaux souterraines.....	67
V. Définition des termes hydraulique	68
VI. Données pluviométriques.....	69
VII. Calcul hydraulique.....	74
VIII. Calcul des ouvrages hydrauliques.....	77
IX. Conclusion.....	81

Chapitre VII : Ouvrage d'arts.....	82
I.Introduction.....	82
II.Choix du type d'ouvrage.....	82
II.1-Pont mixte.....	83
II.2-Pont à haubans.....	85
II.3-Pont construit par encorbellement successif.....	86
III.Conclusion.....	87
Chapitre VIII : Equipements de la route.....	88
A. Sécurité.....	88
I. Introduction.....	88
II. Dispositifs de retenue.....	88
III. Application au projet.....	90
B. Signalisation	91
I. Introduction.....	91
II. l'objet de la signalisation route.....	91
III. Catégories de signalisation.....	91
IV. Règles à respecter pour la signalisation.....	91
V. Types de signalisation.....	91
VI. Caractéristiques générales des marques.....	92
VII. Application au projet.....	96
C. Eclairage	100
I. Introduction.....	100
II. Eclairage d'un point singulier.....	100
III. Paramètre de l'implantation des luminaires.....	100
IV. Application au projet.....	101

Conclusion Générale

Bibliographie

Annexes

Introduction général

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations. La route romaine dont les traces sont encore apparentes à ce jour, témoigne de l'avancée industrielle de l'empire et de la place privilégiée accordée aux réseaux de communication.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant, et même si les technologies de l'information se développent, les déplacements routiers liés tant à la vie quotidienne qu'au tourisme sont des réalités incontournables pour encore de nombreuses années.

La route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

La wilaya de TIZI- OUZOU, à l'instar du reste du pays, a adopté un programme très promoteur se basant principalement sur le réaménagement de son réseau routier existant.

Etant donnée la nature et l'importance des échanges commerciaux et les flux du trafic routier de la willaya de Tizi-Ouzou, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures routières. Ainsi et dans l'optique de relier la RN12, à la RN24 en passant par le futur barrage d'Azeffoun, la Direction des Travaux Publiques de la willaya de Tizi-Ouzou a prévu la conception d'une autoroute express pour favoriser le développement et les échanges entre ces deux régions. Dans le cadre de cette étude, nous allons nous intéresser à un tronçon de ce projet. Les différentes phases d'étude en avant-projet détaillé de ce projet seront présentées et discutées en détails dans la suite de notre travail.

Chapitre I

Présentation du projet

I- Introduction

Etant donnée la nature et l'importance des échanges commerciaux et les flux du trafic routier de la willaya de Tizi-Ouzou, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures routières.

Dans l'optique de relier la RN12, à la RN24 en passant par le futur barrage d'Azeffoun, la **Direction des Travaux Publics « DTP »** de la willaya de Tizi-Ouzou a prévu la conception d'une AutoRoute express (FREHA-AGHERIBS-AZEFFOUN). Le point de départ de ce projet est le carrefour de la pénétrante de FREHA et le point d'arrivée est le futur barrage d'Azeffoun.

II- Description de projet

➤ **Cadre d'étude**

Notre projet consiste à étudier en phase **Avant-Projet-Détaillé « APD »** le dédoublement de la RN73 vers le futur barrage d'Azeffoun « SIDI-KHELIFA » (liaison FREHA-AGHIBS-AZEFFOUN).

Notre projet commence du **PK 20+000** jusqu'au **PK 23+500**.

➤ **La pénétrante**

C'est une autoroute express à chaussée séparée de **2x2** voies en cours de réalisation. L'aménagement en axe autoroutière de la RN12 entre la commune de Freha et Azeffoun et s'inscrit dans le projet de dynamiser l'économie de la région (voir figure 1).

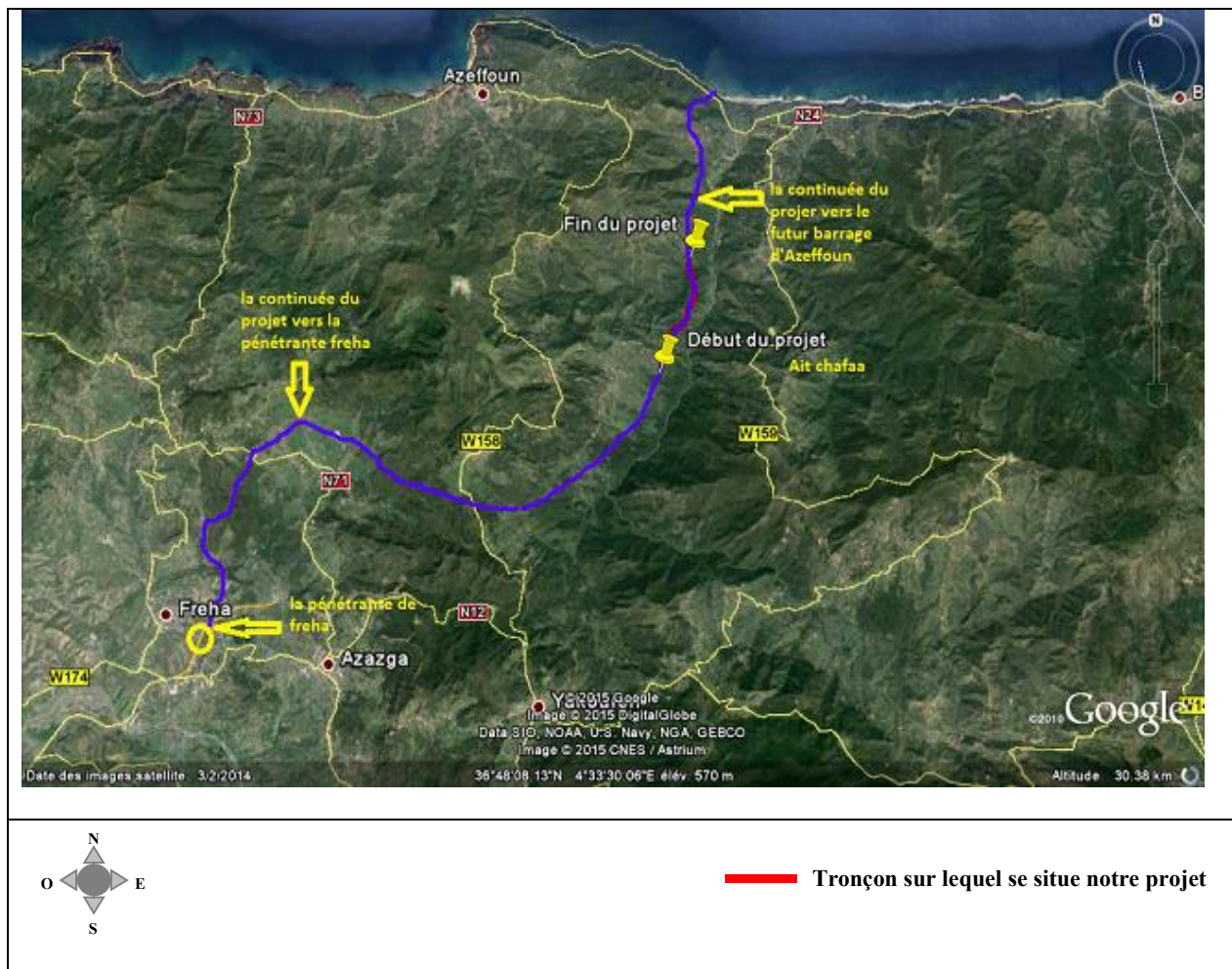


Figure I.1 : Photo satellite de la région d'étude

III- L'objectif et l'utilité du projet

Le but essentiel de notre projet est de créer une liaison assurant le transport d'une grande partie du trafic de la RN73 qui relie les deux routes RN12 et RN24 en traversent le CW158 en raison du développement rapide des activités économiques de la région d'Azazga et le potentiel futur du trafic dans la période estivale, et donner une vitalité à la région surtout là où se situe notre tronçon sachant que près de 75% du tracé passe à l'intérieur des forêts de BOUHLALOU, TAMGOUT et BENI GHOBRI et ces zones sont quasiment les moins peuplées de la wilaya de TIZI-OUZOU .

IV-Conclusion

Notre projet a pour rôle de concevoir une nouvelle voie qui va relier la RN73 au futur barrage d'Azeffoun. Afin d'assurer la fluidité de la circulation et la stabilité de notre voie, nous allons veiller à respecter les points suivants :

- ✓ Réalisation du meilleur tracé possible.
- ✓ Etude de l'assainissement.
- ✓ Dimensionnement du corps de chaussée.

Tous ces différents éléments seront présentés dans la suite de ce travail. Pour commencer nous traiterons dans le chapitre qui suit l'étude du trafic étape essentiel pour le dimensionnement de la chaussée.

Chapitre II

Etude du trafic

-Introduction

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

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

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

II-Analyse du trafic

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statistique générale.
- Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- Une enquête de circulation.

III- Différents types de trafic

On distingue quatre types de trafic :

- 1) **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

2) **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

3) **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée.

4) **Trafic total** : C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

IV- Modèle de présentation du trafic

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

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

IV-1-Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques

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

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

IV-2- Modèle gravitaire

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

IV-3- Modèle de facteurs de croissance

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

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

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

V- Hypothèse de calcul

On définit la capacité de la route par le nombre maximal des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

V-1- Trafic à un horizon donné

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen à un horizon donné s'exprime comme suit :

$$\mathbf{TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n}$$

Tel que :

- ✓ $TJMA_n$: trafic journalier moyen à l'année n.
- ✓ $TJMA_0$: trafic journalier moyen à l'année 0 (référence).
- ✓ τ : taux d'accroissement annuel.
- ✓ n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

V-2- Trafic effectif

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

$$\mathbf{T_{eff} = [(1-Z) + PZ] \cdot TJMA_{2017}}$$

Tel que :

Z : le pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour les poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

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

Tableau II-1 : Valeurs du coefficient d'équivalence « P »

V-3- Evaluation de la demande

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}(\text{uvp/h})$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heure, (en général n = 8heures).

T_{eff} : trafic effectif.

V-4- Evaluation de l'offre

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Tel que :

C_{th}: la capacité théorique.

K₁ : **coefficient** qui dépend de l'environnement.

K₂ : **coefficient** qui tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II-2 : Valeurs du coefficient « K₁ »

	Catégorie de la route				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II-3 : Valeurs du coefficient « K_2 »

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau II-4 : Valeurs de la capacité théorique « C_{th} »

V-5-Détermination du nombre de voies

✓ Chaussée bidirectionnelle

On compare le débit de pointe horaire Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir : $Q \leq Q_{adm}$

✓ Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

$$N = \frac{S \cdot Q}{Q_{adm}}$$

Tel que :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

VI- Application au projet

Le tronçon de route qui nous a été attribué par la Direction des Travaux Publique de la wilaya Tizi-Ouzou débute du croisement de 1^{er} tronçon commençant par la RN 12 en

traversant la **RN 73** pour arriver au **CW 158** qui mène vers le futur barrage. Ce dernier tronçon fera l'objet de notre étude.

1) Environnement de la route

Vu la nature du terrain « moyen vallonné » et conformément au B40, la classe de l'environnement de notre route est E2

2) Catégorie de la route

La route nationale RN12 est un axe routier important qui relie les deux willayas Tizi - Ouzou vers Bejaïa et de ce fait, c'est un axe de transition entre les villes du centre et les villes côtières. Le prolongement de cette liaison constitue une pénétrante qui reliera l'autoroute RN12 au futur barrage d'Azeffoun, ce qui la classe en catégorie **C2**.

3) Données du trafic

Le trafic que draine la RN12 est estimé à partir du comptage du trafic de 2007 avec un taux d'accroissement Annuel de 4% et un $TJMA_0 = 27600$ uvp/j.

4) Affectation du trafic

L'affectation du trafic est effectuée sur la base de la campagne de comptages de 2007 réalisée par les services de la « DTP ». Le résultat de 27600 concerne la RN12 ainsi compte tenu des aménagements existants aux alentours de notre projet (évitement d'azzazga, CW158...) et compte tenu du fait que pour le moment l'activité dans la région n'est pas très développée, nous considérons que le trafic affecté à notre projet est de l'ordre de 7824 (voir annexe 01).

Le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ Le trafic à l'année 2007. $TJMA_{2007} = 7824$ v/j
- ✓ Le taux d'accroissement annuel de trafic note = 4%
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80$ Km /h

- ✓ Le pourcentage de poids lourds **Z =10%**
- ✓ L'année de mise en service sera en **2017**
- ✓ La durée de vie estimée est de **20 ans**
- ✓ Catégorie **C2**

Calcul de nombre de voies

On a :

- ✓ **P= 4** (Route à bonne caractéristique, environnement **E₂**)
- ✓ **K₁=0.85** (environnement **E₂**) ; **K₂=0.99** (environnement **E₂**, catégorie **C₂**)

❖ Trafic à l'année mise en service (2017)

$$TJMA_{2017} = (1+\tau)^n TJMA_{2007}$$

$$TJMA_{2017} = (1+0.04)^{10} \cdot 7824$$

$TJMA_{2017} = 11\ 581 \text{ v/j}$

❖ Trafic à l'année horizon (2037)

$$TJMA_{2037} = (1+\tau)^n TJMA_{2017}$$

$$TJMA_{2037} = (1+0.04)^{20} \cdot 11\ 581$$

$TJMA_{2037} = 25\ 375 \text{ v/j}$

❖ Calcul du trafic effectif de l'année de mise en service (2017)

$$T_{\text{eff}(2017)} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2017}$$

$$T_{\text{eff}(2017)} = [(1-0.1) + (4 \times 0.1)] 11\ 581$$

$T_{\text{eff}(2017)} = 15\ 055 \text{ uvp/j}$
--

❖ Calcul du trafic effectif horizon (2037)

$$T_{\text{eff}(2037)} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2037}$$

$$T_{\text{eff}(2037)} = [(1-0.1) + (4 \times 0.1)] 25\ 375$$

$$T_{\text{eff}(2037)} = 32987 \text{ uvp/j}$$

❖ **Débit de pointe horaire à l'année de mise en service**

$$Q_{2037} = 0.12 \cdot T_{\text{eff}(2017)}$$

$$Q_{2037} = 0.12 \times 11581$$

$$Q_{2035} = 1806 \text{ uvp/h}$$

❖ **Débit de pointe horaire à l'année horizon**

$$Q_{2037} = 0.12 \cdot T_{\text{eff}(2035)}$$

$$Q_{2037} = 0.12 \times 32987$$

$$Q_{2035} = 3958 \text{ uvp/h}$$

❖ **Débit horaire admissible**

Le débit que supporte une section donnée : $Q_{\text{adm}} = K1.K2. C_{\text{th}}$

Avec :

K1: coefficient correcteur pris égal à **0.85** pour **E2**

K2: coefficient correcteur pris égal à **0.99** pour environnement (**E2**) et catégorie (**C2**)

C_{th}: capacité théorique

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.

Q Q_{adm}

$$Q \leq K1.K2. C_{\text{th}}$$

$$C_{\text{th}} \geq Q / K1.K2$$

$$C_{\text{th}} \geq 3958 / 0.85 \times 0.99$$

$$C_{\text{th}} = 4703 \text{ uvp/h}$$

Capacité théorique des routes en UVP/H									
Dégagement latéral ou largeur des accolements	Largeur de chaussée unique (1)								Deux chaussées autoroute ou route express (2)
	4m	2voies			3voies		4voies		
		5m	6m	7m	9m	10,5m	12m	14m	
1,80 et plus	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000 5100*	3400 4500*	1800 5400*
1,20	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 4400*	3300 5000*	1750 5300*
0,60	(x)	1100	1350	1700	2200	2700	2900 4300*	3200 4800*	1700 5100*
0,00	(x)	(x)	1200	1500	2000	2400	2650 4000*	3000 4500*	1500 4500*

Tableau II-5 : Capacité théorique des routes

(1) : pour un sens de circulation sur la route à 2x2 voies.

Valeurs avec * : capacité pour les deux sens.

(2) : capacité pour une seule voie de 3,50m.

Valeurs avec * : capacité non applicable.

Alors : **C_{th}=4703 uvp/h** n'existe pas dans le tableau donc :

On choisit la valeur supérieure à celle qu'on a trouvé de la capacité d'une route express ce qui est notre cas pour un sens de circulation **C_{th}=1700 uvp /h** puis :

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1700$$

$Q_{adm} = 1430 \text{ uvp/h}$

❖ **Le nombre de voies :**

$$N = S \times (Q/Q_{adm}) \quad \text{Avec: } S=2/3$$

$$N = (2/3) \times (3958/1430) = 1.84 \quad \text{Donc :}$$

$N = 2 \text{ voie /sens}$

❖ Calcul de l'année de saturation

L'année de saturation correspond à $Q_{\text{eff}} = Q_{\text{saturation}}$

Avec :

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{2017}, \quad Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1806 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 7224 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n$$

$$N = \frac{\ln(Q_{\text{saturation}}/Q_{2017})}{\ln(1 + \tau)} \Rightarrow N = \frac{\ln\left(\frac{7224}{1806}\right)}{\ln(1+0.04)} = 35$$

Conclusion : Donc notre route sera saturée 35 ans après sa mise en service ainsi l'année de saturation est : 2052

Dans le tableau suivant nous résumons les différents résultats obtenus:

TJMA ₂₀₀₇ (v/j)	TJMA ₂₀₁₇ (v/j)	Teff ₂₀₃₇ (uvp/h)	Q ₂₀₃₇ (uvp/h)	Qadm (uvp/h)	Nombre de voies	Année de saturation
7824	11 581	32 375	3958	1430	2	2052

Tableau II-6 : Récapitulatif des résultats obtenus

VII-Conclusion

En vue des résultats obtenus, conformément aux normes du B40 (règlement en vigueur en Algérie), la conception proposée est (voir figure II.1) :

- Chaussée bidirectionnelle (2x2) voies de 3,50m
- Accotement de 2.5m de chaque côté
- Terre-plein central (TPC) de 3m

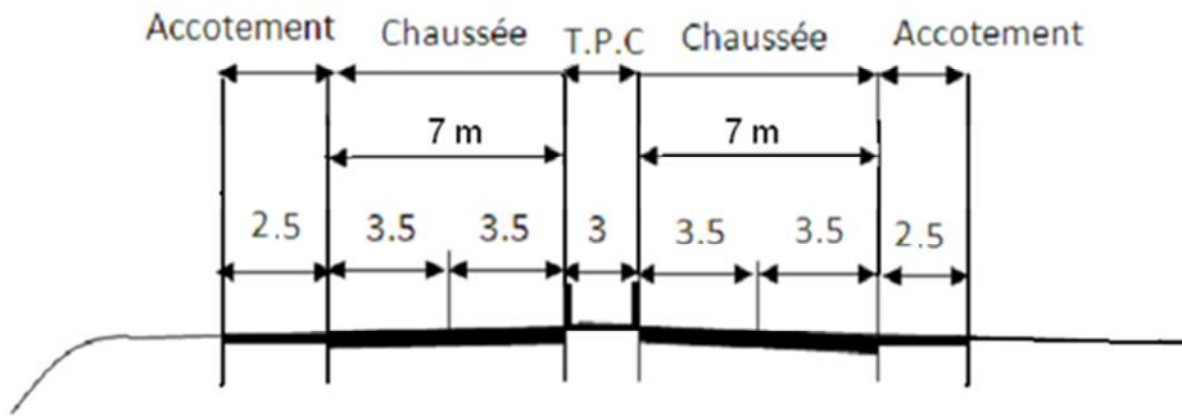


Figure II-1 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée retenue

Chapitre III

Etude géométrique

I- Introduction

La route est définie géométriquement par son tracé en plan son profil en long et par son profil en travers.

Ces caractéristiques sont déterminées de façon à satisfaire certaines conditions imposées par la nature et l'importance du trafic prévu, et doivent être conçues de manière à donner à la circulation la sécurité et la rapidité désirable. Tout en maintenant les dépenses du projet dans les limites raisonnables.

Les conditions sont en général difficilement compatibles et on essaie toujours d'avoir un compromis acceptable. La route doit répondre à un besoin qui aura été déterminé notamment par l'étude du taux de trafic et la dépense nécessaire pour sa réalisation devra être rentable, c'est-à-dire elle devra produire des améliorations plus au moins importantes de la circulation par une économie de kilomètres ou de temps ou par une diminution d'accidents.

II- Tracé en plan

II-1- Définition

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

Le tracé en plan comme illustré sur la figure V-1 comporte :

- ✓ des alignements droits.
- ✓ des arcs de cercle.
- ✓ des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

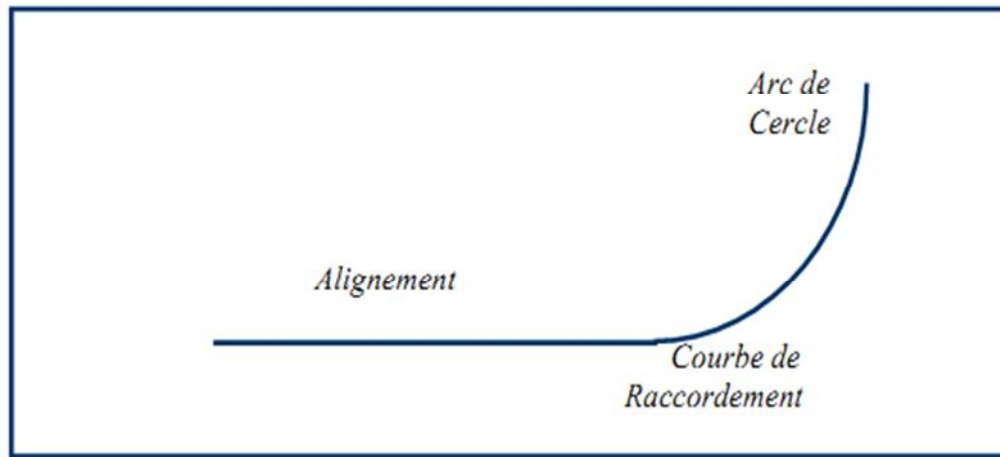


Figure III -1- Les éléments du tracé en plan

II-2 - Les règles à respecter pour le tracé en plan

- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- ✓ Adapter au maximum au terrain naturel.
- ✓ Appliquer les normes du B40 si c'est possible.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ✓ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ✓ Se raccorder sur les réseaux existants.
- ✓ S'inscrire dans le couloir choisi.

II-3- Eléments du tracé en plan

II-3-1- Les alignements

C'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique mais qui a des inconvénients dans le domaine routier.

a- Avantages

- ✓ L'alignement droit c'est le plus court chemin.
- ✓ Bonnes conditions de visibilité.
- ✓ Construction facile.

- ✓ Absence de la force centrifuge.
- ✓ Dépassements aisés.

b- Inconvénients

- ✓ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- ✓ La vitesse est excessive.
- ✓ La longueur des alignements dépend de :
 - La vitesse de base V_B , plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
 - Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
 - Du rayon de courbure de ces sinuosités.

II-3-1-1- Règles concernant les alignements

❖ Longueur minimale

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

$$L_{\min} = t \cdot v \quad \text{Avec :} \quad t=5 \text{ seconde}$$

v : Vitesse véhicule (m/s).

$$L_{\min} = 5 v = \frac{5}{3,6} V_B \quad \text{Avec :} \quad V_B=80\text{Km/h: vitesse de base en (km/h).}$$

$$L_{\min} = 5 V$$

❖ Longueur maximale

Celle qui correspond à un chemin parcouru pendant (01) minute à la vitesse v .

$$L_{\max} = 60 v = \frac{60}{3,6} V_B \quad \text{Avec :} \quad V_B=80\text{Km/h : vitesse de base en (km/h).}$$

$$L_{\max} = 60V$$

Remarque

La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée quelques fois en raison de la nature difficile du terrain naturel.

II-3-2- Arc de cercle

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

II-3-2-1- Stabilité en courbe

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons d'où on a recours à augmenter le rayon.

D'où la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

a- Rayon horizontal minimal absolu

C'est le plus faible rayon admissible dans une courbe, il est défini pour un dévers maximal de 7%.

$$\mathbf{RH\ min} = \frac{\mathbf{VB^2}}{127(\mathbf{ft+dmax})}$$

ft : Coefficient de frottement transversal.

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


b- Rayon minimal normal

C'est le rayon normal qui correspond au rayon minimal calculé pour une vitesse V_B , augmenté de **20Km/h**, pour plus de sécurité et de confort.

$$\mathbf{RHN} = \frac{(\mathbf{VB+20})^2}{127(\mathbf{ft+dmax})}$$

c- Rayon au dévers minimal

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

- Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$  Catégorie 1-2
- Dévers associé $d_{\min} = 3\%$  Catégorie 3-4-5

$$\mathbf{RHd} = \frac{\mathbf{VB^2}}{127 \times 2 \times \mathbf{dmin}}$$

d- Rayon minimal non déversé

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

$$\text{RHnd} = \frac{(V_B)^2}{127 \times 0.035} \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 1-2}$$

$$\text{RHnd} = \frac{(V_B)^2}{127(f'' - 0.03)} \quad \Rightarrow \quad \text{Catégories 3-4-5}$$

Avec :

$$f'' = 0.06 \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 1-2}$$

$$f'' = 0.07 \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 3}$$

$$f'' = 0.075 \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 4-5}$$

II-3-2-2- Application au projet

Notre projet est classé dans la catégorie 2 (C2), situé dans un environnement 2 (E2) avec une vitesse de base de **80 km/h**.

Donc d'après les normes algériennes [02], on obtient le tableau suivant :

Paramètres	Symboles	Valeurs(m)
Vitesse de base (km/h)	V_B	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3%)	1000 (2.5%)
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (2.5%)	1400 (2.5%)

Tableau III.1 : rayons du tracé en plan

Remarque

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

II-3-3- Courbe de raccordement CR

Elle permet d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou l'inverse. Elle a comme propriété essentielle : la variation progressive de la courbure.

Elle apporte des avantages très intéressants :

- ✓ La stabilité transversale du véhicule.
- ✓ Confort des passagers.
- ✓ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Parmi ces courbes la **clothoïde** qui est susceptible de satisfaire la condition de variation continue de rayon de courbure.

II-3-3-1- Clothoïde**a- Définition**

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

b- Choix de la Clothoïde

La Clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans notre étude pour les avantages suivants :

- ✓ La courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur d'arc.
- ✓ La Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale.
- ✓ La variation constante de la courbure de la Clothoïde correspond pour le conducteur à une rotation constante de son volant.
- ✓ La Clothoïde satisfait également les exigences esthétiques et de confort optique, si elle est bien choisie.

c- Expression mathématique de la clothoïde

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne **L**

$$K = C \cdot L$$

Pour l'homogénéité de la formule, on pose :

$$\frac{1}{C} = A^2$$

Alors :

$$K = \frac{1}{R} \quad L \cdot R = \frac{1}{C} \quad \frac{1}{R} = C \cdot L$$

On à :

L'équation fondamentale :

$$L \cdot R = A^2$$

Avec : **R** : Rayon du cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

d- Les éléments de la Clothoïde

Sur la figure ci-dessous, nous présentons les différents éléments de la clothoïde.

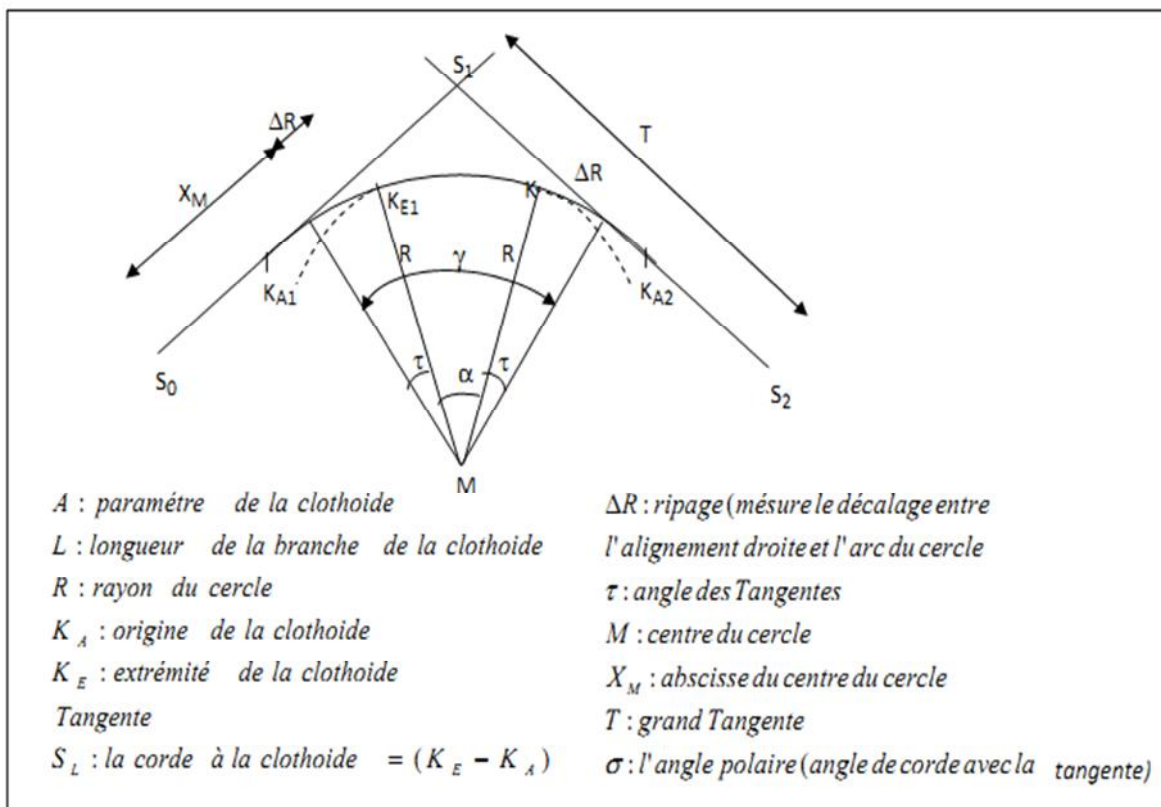


Figure III -2- Les différents éléments de la clothoïde

e- Les conditions de raccordement

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

▪ Condition de confort optique

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit : } \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rad}$$

$$\tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{ rad} \quad L > \frac{R}{9} \quad \text{soit : } A > \frac{R}{3}$$

$$\frac{R}{3} > A > R$$

- Pour $R < 1500$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L_{op} = \sqrt{24 R \cdot \Delta R}$
- Pour $1500 < R < 5000$ m $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L_{op} = \frac{R}{9}$
- Pour $R < 5000$ ΔR limité à 2.5m soit $L_{op} = 7.75 \sqrt{R}$

▪ Condition de confort dynamique

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule,

La variation de l'accélération transversale est :

$$\frac{V_r^2}{(R - g \cdot d)}$$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur :

$$Kg = \frac{1}{0.2 V_r}$$

On obtient :

$$L_{cd} = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127 R} - d \right)$$

Avec :

V_r : vitesse de base en (km/h).

R : rayon en (m).

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

▪ **Condition de gauchissement**

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule, le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative du profil en long au bord de la chaussée déversée et de son axe de telle sorte :

$$P \leq \frac{0.5}{Vr}$$

Nous avons :

$$L_{cg} = l \cdot \Delta d \cdot Vr$$

Avec :

l = largeur de la chaussée.

Nota :

La longueur de la courbe L à prendre en considération dans le tracé en plan :

$$L = \max (L_{op}, L_{cd}, L_g)$$

Remarque :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

On a : $\frac{d}{t}$

$$\text{Avec : } \Delta t = \frac{L}{v} \quad v = \frac{V}{3.6} \quad \text{et} \quad L \leq \frac{5 \times \Delta d \times Vr}{36}$$

Δd : exprimé en valeur réelle.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief...etc.).

II-4- Combinaison des éléments de tracé en plan

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes. On peut citer entre autre :

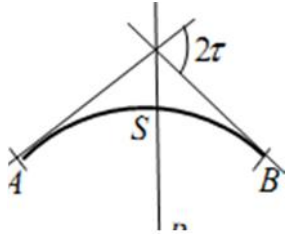
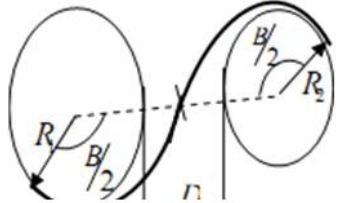
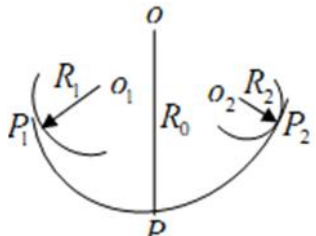
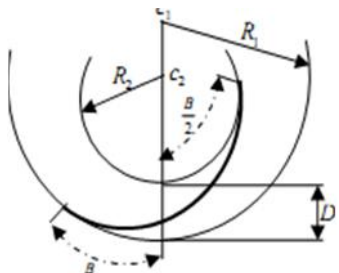
<p>Courbe en sommet :</p> <p>Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.</p>	<p>Courbe en sommet</p> 
<p>Courbe en S :</p> <p>Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur points de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.</p>	<p>Courbe en << S >></p> 
<p>Courbe en C :</p> <p>Une courbe constituée deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.</p>	<p>Courbe en << C >></p> 
<p>Courbe en Ove :</p> <p>Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.</p>	<p>Courbe en ovale</p> 

Figure III.3 : Les différents types de courbes du tracé en plan

II-5- Paramètres fondamentaux

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C2**, dans un environnement E2, avec une vitesse de base $VB = 80$ km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme **B40 [02]**.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	Lmin	112
Longueur maximale (m)	Lmax	1333
Devers minimal (%)	dmin	2.5
Devers maximal (%)	dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t1	2
Frottement longitudinal	fL	0.39
Frottement transversal	ft	0.13
Distance de freinage (m)	d0	65
Distance d'arrêt (m)	d1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dm	325
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dN	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dMd	200
RHm (m) (d'associe %)	RHm	250 (7 %)
RHN (m) (d'associe %)	RHN	450 (5 %)
RHd (m) (d'associe %)	RHd	1000(2.5 %)
RHnd (m) (d'associe %)	RHnd	1400 (-2.5 %)

Tableau III. 2: Paramètres fondamentaux du tracé en plan.

II-6- Application au projet

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste. A travers ce paragraphe nous expliquerons le fonctionnement du logiciel piste5.

1- Construction du terrain

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opérations :

Ouvrir le fichier auto- cad \Rightarrow enregistré sous \Rightarrow leve.dxf \Rightarrow enregistré

Piste \Rightarrow Fichier \Rightarrow Nouveau \Rightarrow Fond de plan TPL (seg) \Rightarrow Ok.

Enregistrer \Rightarrow Nom : ... \Rightarrow Ok \Rightarrow Ok.

Fichier \Rightarrow lire (levé.dxf).

On obtient alors le nuage de point suivant :

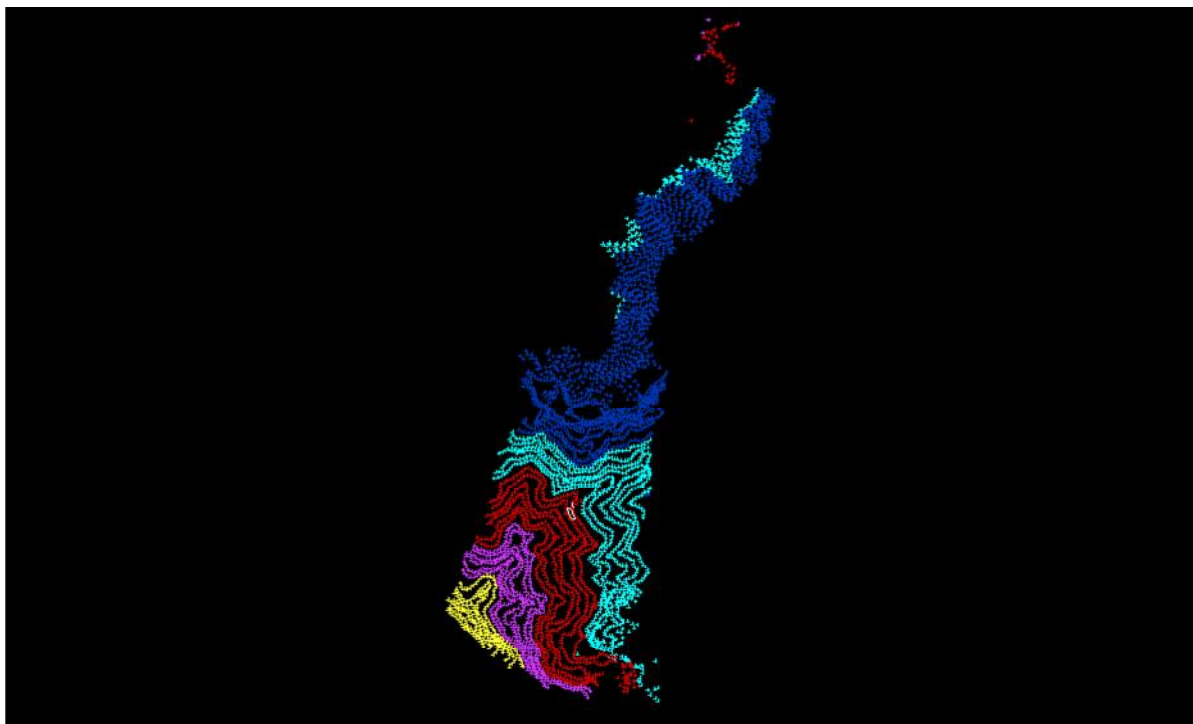


Figure. III.4 : Nuage de point

Nota :

avant d'entrée dans ce répertoire (longitudinale), il faut ouvrir le fichier.Seg ou encore suivre les étapes suivantes :

Fond de plan \Rightarrow Ouvrir (votre fichier.Seg).

Fon de plan TPL \Rightarrow Calcul \Rightarrow Trianguler.

Calcul \Rightarrow Courbe (choisir valeur de Pas (ex : 2m) \Rightarrow Ok.

Calcul \Rightarrow haut bas.



Figure. III.5 : Triangulation et calcul de courbes de niveau

2- Construction des éléments de l'axe

Fichier \Rightarrow Nouveau \Rightarrow Conception plane (dap) \Rightarrow (créer un fichier.DAP) \Rightarrow Ouvrir le Fond de plan.

Dessiner l'axe en plan (par ordre) :

❖ Les points

Point \Rightarrow nom d'élément \Rightarrow POI P1 \Rightarrow Saisir POI P1 \Rightarrow exécuté ou graphiquement, ou point terrain

❖ **Les droites**

Droite \Rightarrow nom d'élément \Rightarrow DRO D1 P1 P2 (entre 2 points).

❖ **Les Cercles**

Distance \Rightarrow nom d'élément (R1) \Rightarrow entré

Saisir CER C1 D1 D2 R1 \Rightarrow entré

Nota

On refait ces procédures pour les autres paramètres (C2, R2, C3, R3...).

3- Construction de l'axe

Axe \Rightarrow Nom d'élément : AX P1 \Rightarrow Fin automatique \Rightarrow entrer

Remarque

AX Et Fin automatique \Rightarrow entré

Calcul \Rightarrow Zone \Rightarrow Axe \Rightarrow Saisir une valeur (par exemple chaque 20 mètres, nous saisissons : Ax 0 20 \Rightarrow entré

Un clic sur **F2** nous permet de voir les résultats en mode texte. Les résultats ainsi obtenus sont joints en annexe.

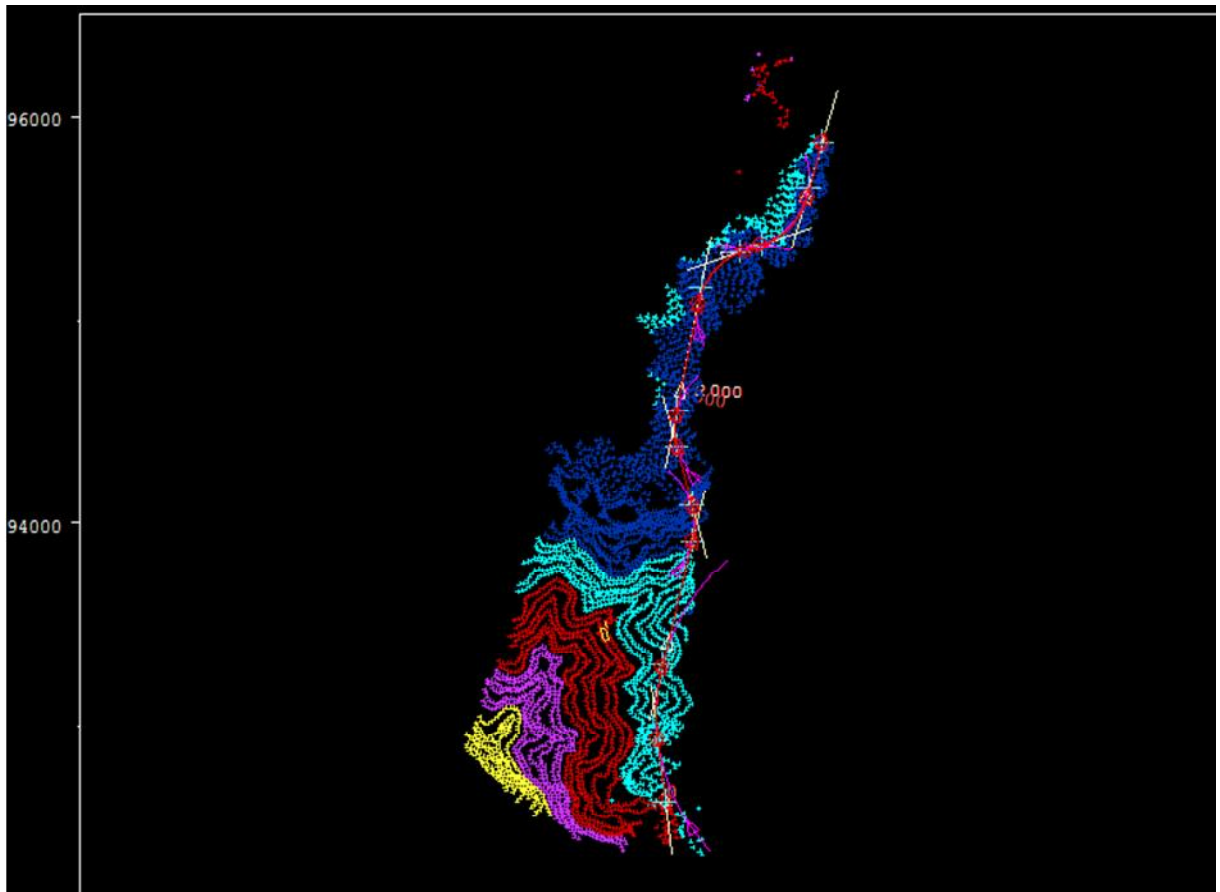


Figure. III.6 : Axe en plan

Remarque

Pour la vérification des profils du terrain avec les profils du logiciel piste on utilise l'interpolation.

PISTE → TAB AX PIS → ENTRE → FICHER → OUVRIR → TPL
→ INTERPOLER → OK

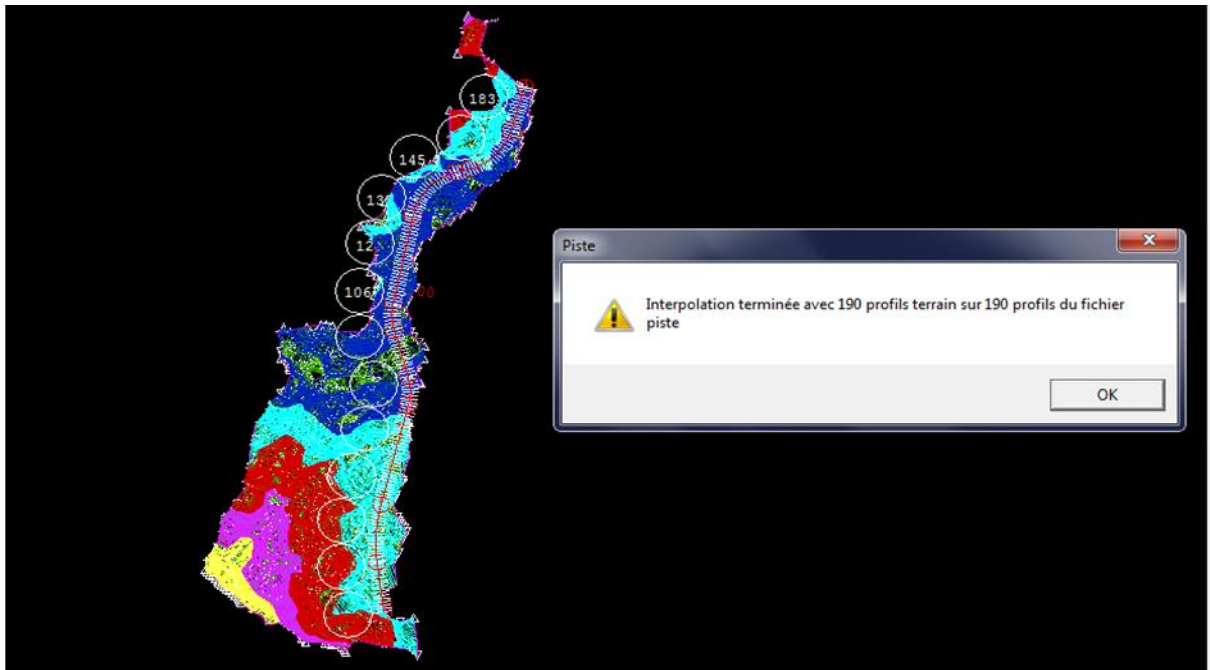


Figure. III.7- Interpolation

III- Profil en long

1- Définition

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes pentes est choisie de manière à :

- ✓ assurer une circulation, sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes, si possibles aux valeurs de (B40).
- ✓ assurer l'assainissement de la plate-forme dans les longueurs section en déblais ou dans les zones de devers nul par création de pentes longitudinale.

Pour le profil en long on a deux types de rayons :

- ✓ rayons en angle saillant (convexe).
- ✓ rayons en angle rentrant (concave).

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

2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Dans ce paragraphe on va citer les règles à considérer (sauf dans des cas exceptionnels) lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et le volume des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles notamment :
 - Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
 - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
 - Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

3 - Elément géométrique du profil en long

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques caractérisés par leur rayon.

a- Définition de la déclivité

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

b- Déclivité minimale

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la chaussée.

c- Déclivité maximale

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au niveau de service selon le **B40** on a :

Catégorie C2

Environnement E2

Donc : $P_{\max} = 6 \%$

Vr Km/h	40	60	80	100	120	140
$I_{\max} \%$	8	7	6	5	4	4

➤ Pour notre cas la vitesse $V_r=80$ Km/h donc la pente maximale $I_{\max}=6\%$.

4- Raccordement en profil en long

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort. On distingue ainsi deux types de raccordement :

- **Raccordement en angle saillant (convexes) :** Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

❖ **Condition au confort**

le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qui est limitée à 0.3 m/s^2 (soit $g/40$).

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{V^2}{R_v} < \frac{g}{40} \quad \text{Avec: } g = 10 \text{ m/s}^2.$$

D'où:

$$\begin{cases} R_v \geq 0,3 V^2 & \implies & (\text{cat 1-2}). \\ R_v \geq 0,23 V^2 & \implies & (\text{cat 3-4-5}). \end{cases}$$

Tel que :

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km /h).

❖ Condition de visibilité

Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort. Elle stipule que deux véhicules circulant en sens opposés doivent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

Telle que:

D_1 : distance d'arrêt (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

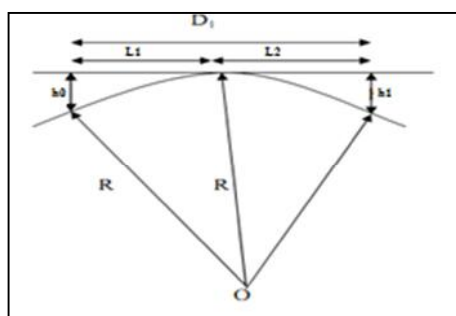


Figure. III.8 : Schéma de calcul des rayons en angle saillant

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour une chaussée bidirectionnelle et une vitesse de base $V_r=80\text{Km/h}$ et la catégorie C2 on a :

Normes du B-40	Profil en long : Les rayons verticaux (convexes)		
	Rayon R_v	Symbole	Valeur
	Min-absolu	R_{vm}	4 500
	Min- normal	R_{vN}	10 000
	Dépassement	R_{vD}	11 000

Tableau III.3 : Les rayons verticaux (convexes)

❖ Condition d'esthétique

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte. Pour éviter cet

effet on imposera une longueur de raccordement minimale $b > 50$ et pour des dévers $d < 10\%$ dans le cas des échangeurs.

On a :

$$R_v \text{ min} = 100 \times \frac{50}{\%}$$

Telle que :

$d\Delta$: changement de dévers (%).

$R_v \text{ min}$: rayon vertical minimum (m).

❖ Les rayons en angles rentrants (concaves)

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. Il est donné par la relation suivante :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 80$ Km/h et une catégorie C2, on a le tableau suivant :

Normes du B-40	Profil en long : Les rayons verticaux (convexes)		
	Rayon R_v	Symbole	Valeur
	Min-absolu	R'_{vm}	2 400
	Min- normal	R'_{vN}	3 000
	Dépassement	R_vD	11 000

Tableau III.4 : Les rayons verticaux (convexes)

6- Application à Notre projet

❖ La conception longitudinale

Pour dessiner la ligne rouge sur piste représentant l'axe de notre projet on suit les mêmes étapes que la phase conception plane pour les points et les droites.

Pour les distances, nous saisissons sauf les valeurs de (R1, R2,.....etc.).

Distance \Rightarrow choisir une valeur de R \Rightarrow entré

Parabole \Rightarrow nom d'élément : par para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe \Rightarrow Point(P1) \Rightarrow Fin automatique \Rightarrow entré

Calcul \Rightarrow Tabuler un axe \Rightarrow < RC > Compléter.

Ci-dessous nous allons voir l'image du profil en long après la tabulation.

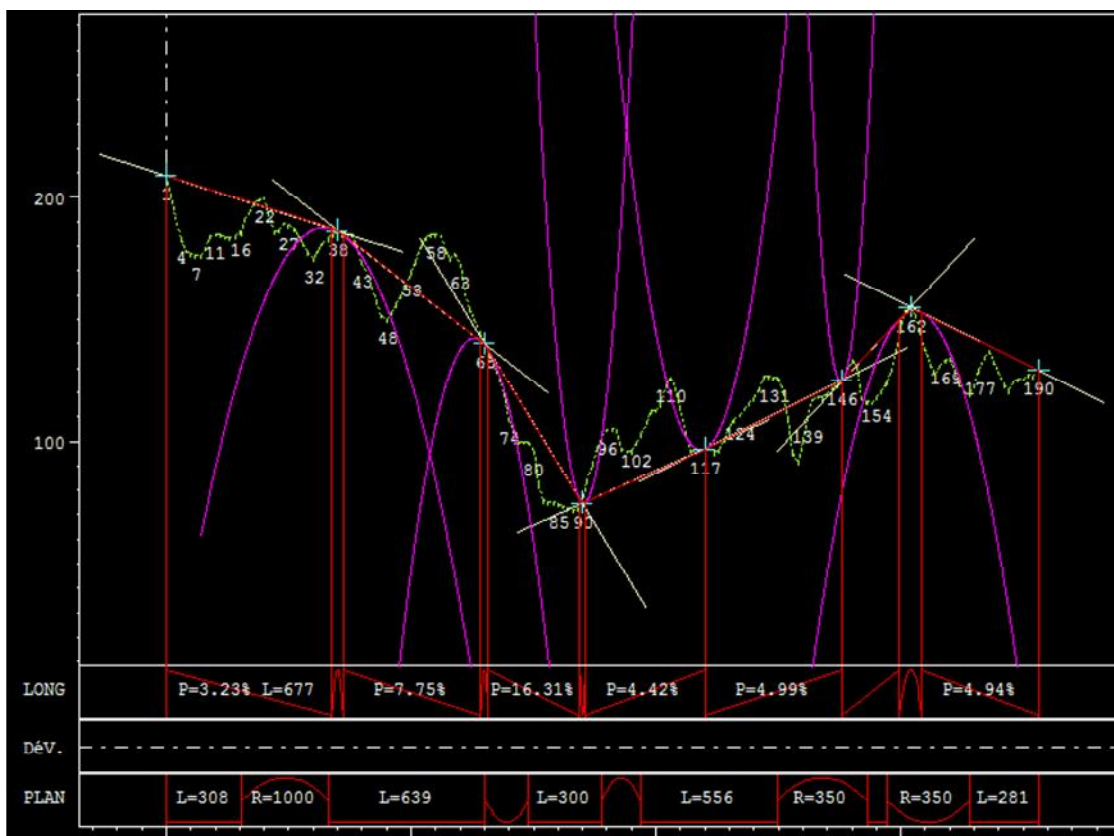


Figure. III.9 : Profil en long

IV- Profil en travers type

1- Définition

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

2- Les éléments du profil en travers

❖ La chaussée :

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

❖ La largeur roulable

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

❖ Plate-forme :

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

❖ L'assiette :

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

❖ L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

❖ Les accotements :

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

❖ Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- ✓ Les sur largeurs de la chaussée (bande de guidage).
- ✓ Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

❖ **Le fossé :**

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

Sur la figure « V.8 » nous présentons les différents éléments constituant le profil en travers d'une chaussée routière.

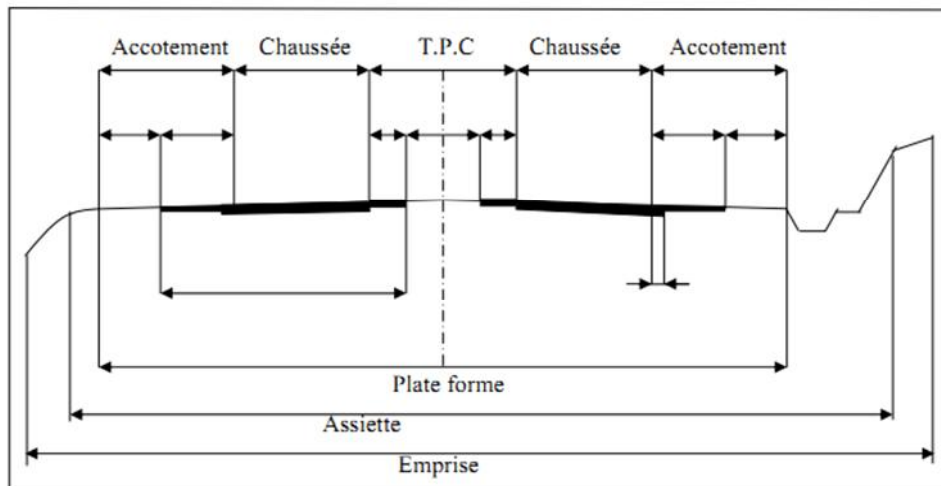


Figure III.10 : Eléments constitutifs du profil en travers

3- Classification du profil en travers

Ils existent deux types de profil :

❖ **Le profil en travers type**

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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

❖ **Le profil en travers courant**

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulières (10, 15, 20, 25m...), qui servent à calculer les cubatures.

4- Application au projet

❖ La conception transversale

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.

Conception transversale \Rightarrow nom du fichier. Piste (ax.pis) \Rightarrow Ok

Calcul \Rightarrow Dévers \Rightarrow Calculer \Rightarrow Recherche semi-automatique (Compléter le tableau).

Dévers \Rightarrow calculé \Rightarrow fermé.

Dévers \Rightarrow fin \Rightarrow créer un fichier.dvt \Rightarrow Ok.

Projet \Rightarrow créer un fichier. Type

Profil type \Rightarrow nom de profil type (T 1).

Créer \Rightarrow Nouveau \Rightarrow Ok.

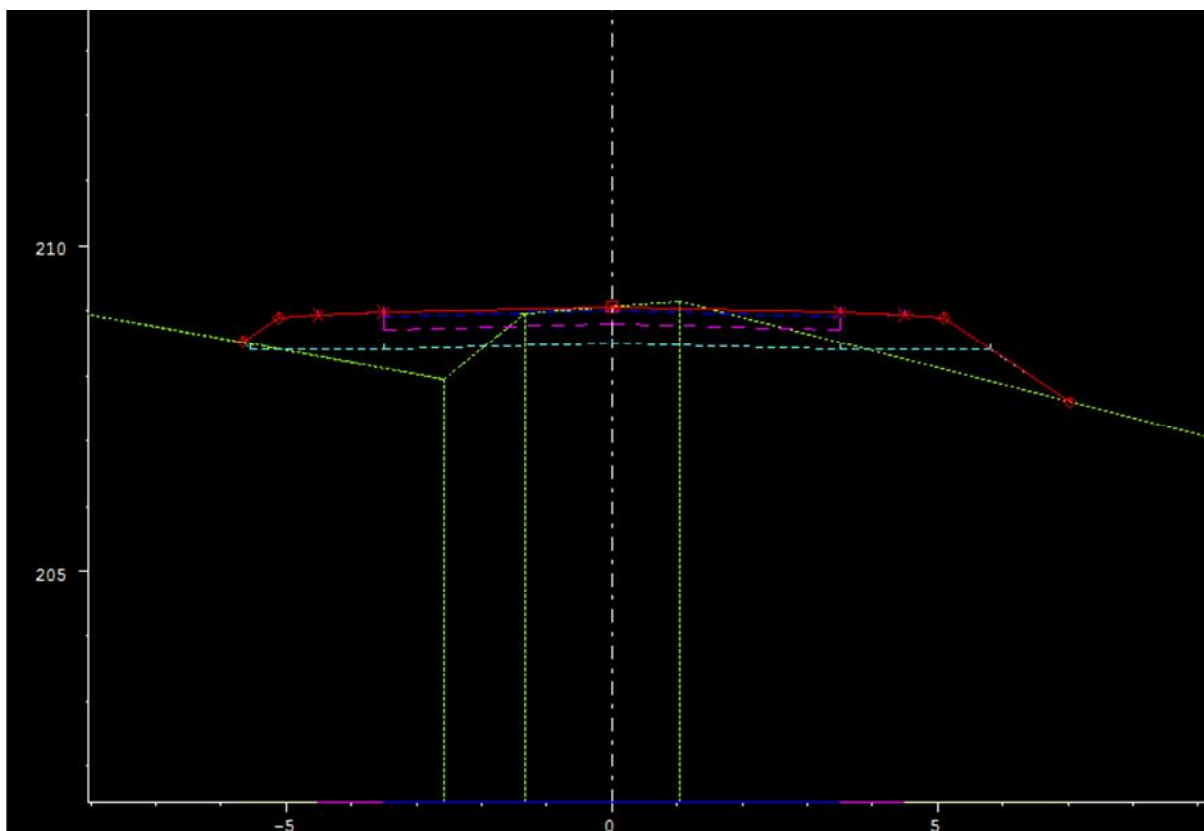


Figure III.11 : Profil en travers

❖ Le profil en travers type du notre projet

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

- ✓ Deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00\text{m}$
- ✓ Un Terre – Plein Central < TPC > de 3 m
- ✓ Une bande d'arrêt d'urgence de 2.5m pour chaque côté : $2.5 \times 2 = 5.00 \text{ m}$

Donc notre tronçon de route possède une largeur de 22m.

V-Conclusion

Ce chapitre est consacré aux différents éléments du tracé géométrique d'un projet routier ; le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers.

A travers cette étude géométrique, d'une part nous avons essayé de respecter les conditions pour obtenir les différents tracés et d'autre part nous avons illustré les différentes étapes de l'obtention de ce tracé.

Nous rappelons que nous avons fait appel au logiciel piste 5 et que les résultats du calcul sont joints aux annexes (2, 3,4).

Chapitre IV

Cubature et terrassement

I-Introduction

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une Modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet.

Pour les voies de circulations celles-ci sont très visibles sur les profils en longs et les Profils en travers.

Cette modification s'effectue soit par apport des terres sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume des terres se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements)).

II- Terrassement

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de :

- La construction des ouvrages.
- L'aménagement des routes.
- L'établissement des branchements d'égout et des branchements de canalisations (Assainissements des routes).

Cette modification des niveaux du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais.

❖ Le Déblai :

Il consiste à extraire les terres avec des engins mécaniques selon la profondeur donnée par le topographe. Le déblai peut être utilisé comme remblais, s'il est consistant et s'il répond aux normes techniques.

❖ Le Remblai :

Les matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destiné à surélever le profil d'un terrain ou à combler une fouille. Le remblai Consiste à rapporter des terres afin de relever le niveau.

III- Le compactage

Les matériaux mis en œuvre supportent les charges routières, il est nécessaire d'en améliorer la résistance au cisaillement :

- ✓ En resserrant les grains solides les uns contre les autres.
- ✓ En diminuant le Volume des Vides par expulsion de l'air, par le compactage.

La diminution des vides conduit à réduire les entrées d'eau ultérieures. Elle réduit également les causes de l'attrition.

❖ Les paramètres du compactage

Trois facteurs influents sur le compactage :

▪ Les forces appliquées par le compacteur

Plus les forces sont élevées, plus vite se fait le réarrangement des grains.

▪ La capacité du sol à évacuer l'air

- Pour un sol granulaire, les vides sont jointifs, l'air n'a aucune difficulté à s'évacuer.
- Pour un sol argileux, en revanche, les vides sont microscopiques et l'air s'évacuera difficilement.

▪ La quantité d'eau contenue dans le sol

Elle réduit la résistance au cisaillement, c'est à dire qu'elle réduit la contrainte de cisaillement sur le plan de rupture.

VI- Cubature de terrassement

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.

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

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

V. Méthode de calcul

Les calculs effectués pour l'obtention des volumes des terrassements existants dans notre projet sont appelés cubature. Bien que les cubatures soit fastidieuses, il existe plusieurs méthodes qui simplifient leurs calcul entre autre :

- ✓ La méthode linéaire
- ✓ La méthode SARRAUS
- ✓ La méthode de GULDEN.

N.B :

Pour le cas de notre projet on utilise la méthode de gulden intégrée dans le logiciel PISTE.

➤ La méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le Tracé en plan.

➤ La méthode de SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde

$$V = \frac{h}{2} (S_1 + S_2 + S_3)$$

Où **h**, **S1**, **S2** et **S0** désignant respectivement :

- ✓ Hauteur entre deux profils.
- ✓ Hauteur des deux profils.
- ✓ Surface limitée à mi-distances des profils.

Adoptons la figure ci-dessous qui présente les profils en long d'un tracé donné.

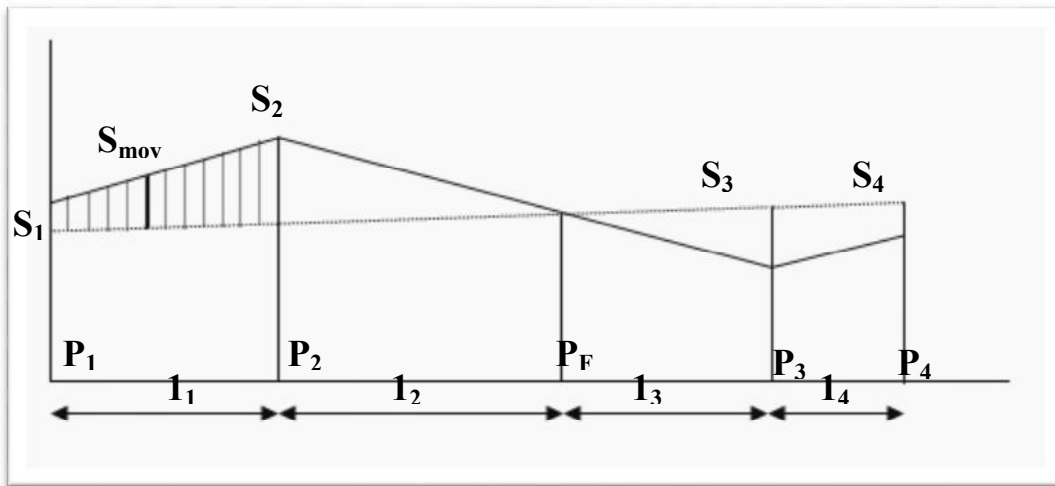


Figure IV.1 : Profil en long d'un tracé donné

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

$$V = \frac{l_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pf : profil fictif ne surface nulle.

S1 et **S2** : surface des deux profils en travers P1 et P2.

Li : distance entre ces deux profils.

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P1 et P2)

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très

Voisines les deux expressions Smoy et $\frac{(S1+S2)}{2}$ Ceci donne :

Donc les volumes seront :

$$\text{Entre P1 et P2 : } V_1 = \frac{l_1}{2} (S_1 + S_2) ; \text{ entre P2 et PF : } V_2 = \frac{l_2}{2} (S_1 + 0) ;$$

$$\text{Entre PF et P3 : } V_3 = \frac{l_3}{2} (0 + S_3) ; \text{ entre P3 et P4 : } V_4 = \frac{l_4}{2} (S_3 + S_4) ;$$

En additionnant membres à membres ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1+l_2}{2} S_2 + \frac{l_2+l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3+l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils PF, puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

➤ **Méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de Gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens, voir la figure VI.1.

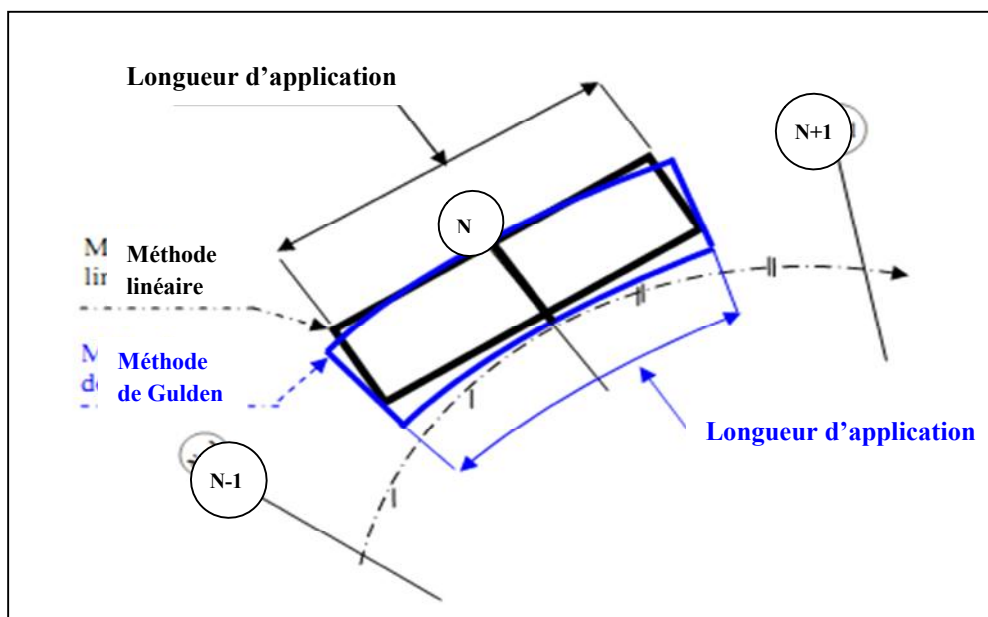


Figure IV.2 : Schéma explicatif de la méthode de Gulden

IV. Application au projet

❖ **Calcul des cubatures de terrassement**

Nous rappelons que la méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN. Le calcul s'est effectué à l'aide du logiciel «piste+5», les résultats sont joints en annexe 6.

Les principaux résultats à retenir sont :

➤ **Volume des déblais $V_d = 860603m^3$**

➤ **Volume des remblais $V_r = 924008m^3$**

Chapitre V

Dimensionnement du corps de chaussée

I- Introduction

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante dans l'étude d'un projet routier. Il s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. Si le corps de chaussée se repose sur un sous-sol présentant une portance insuffisante. On est donc amené à apporter sur le sol naturel une épaisseur quelque fois importante de matériaux choisis dont la qualité va croître au fur et à mesure qu'on se rapproche de la surface de la chaussée car les matériaux seront soumis à pression fort au fur et à mesure qu'il se rapproche de la surface de roulement.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixes en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- ✓ L'environnement de la route.
- ✓ Le trafic.
- ✓ La nature du sol support.
- ✓ Les matériaux choisis.
- ✓ La durée de vie de la chaussée.

➤ Principe de la constitution des chaussées

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

- ✓ De la charge des véhicules.
- ✓ Des intempéries.
- ✓ Des efforts cisaillements.

II- La chaussée

II-1- Définition

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur la quelle circule les véhicules.
- **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges

II-2- Différentes catégories de chaussée

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

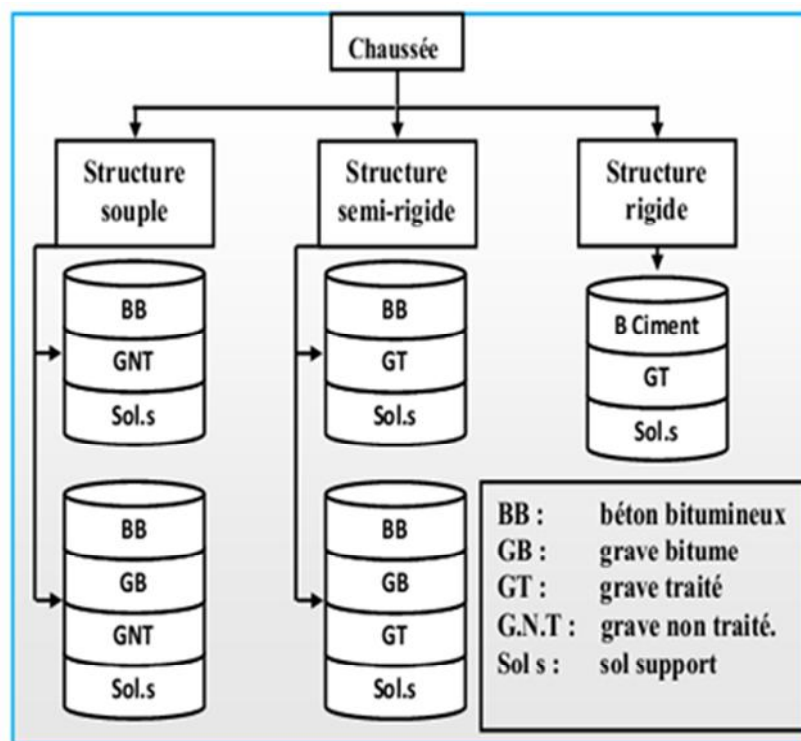


Figure V-1- Schéma récapitulatif des catégories de chaussées

II-2-a- Chaussée souple

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux à granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

❖ Couche de roulement (surface)

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

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 ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 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.

❖ 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 couches de chaussée.

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

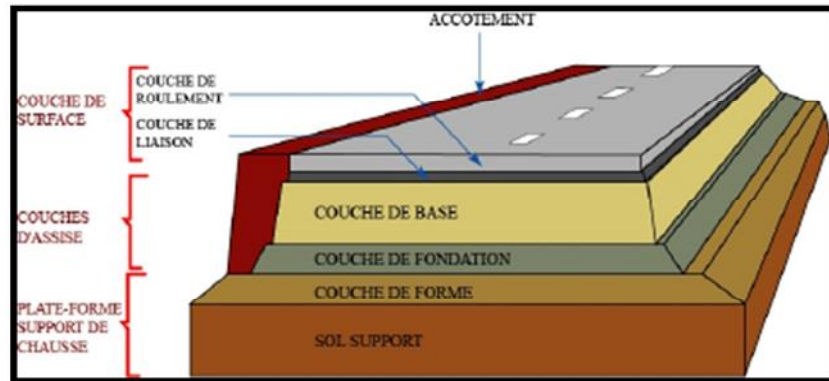


Figure V-2- Coupe type d'une chaussée souple

II-2-b- Chaussée rigide

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

II-2-c- Chaussée semi-rigide

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

On distingue :

- ❖ Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

- ❖ Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

II-3- Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

➤ Trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5 tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de

chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T.A.C$$

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau.$$

Avec : N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

Avec : τ Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

➤ Environnement

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

➤ Le Sol support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- ✓ De la nature et de l'état du sol ;
- ✓ De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

➤ Matériaux

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

III- Méthodes de dimensionnement des chaussées

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

Le cas de notre projet, nous optons pour l'application de deux méthodes les plus répandues en Algérie (CBR, CTTP) afin d'obtenir le corps de chaussée le plus adéquat :

- ✓ Méthode CBR.
- ✓ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP.

➤ Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)

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

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 :

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

Avec :

E: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Avec :

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

✓ Le coefficient d'équivalence

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

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

TableauV-1 - Coefficient d'équivalence

III-2- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP)

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu ; caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- ✓ **Matériaux** : traités au bitume (GB, BB), non traités.
- ✓ **Trafic** : classé selon le nombre de (Pl /j/sens) à l'année de la mise en service.
- ✓ **Portance du sol support (Si)** : selon l'indice CBR (voir le tableau).
- ✓ **Climat** : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi-aride, aride).

➤ Détermination de la classe de trafic

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé
T1	$T < 7.3.10^5$
T2	$7.3.10^5 < T < 2.10^6$
T3	$2.10^6 < T < 7.3.10^6$
T4	$7.3.10^6 < T < 4.10^7$
T5	$T > 4.10^7$

Tableau V-2- Classe de trafic

Le trafic cumulé « T_c » est donné par la formule:

$$T_c = TPL \left| 1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right| 365$$

Avec :

TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service

n : durée de vie.

τ : taux d'accroissement

➤ **Détermination de la classe du sol**

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

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

TableauV-3- Classe de sol

➤ **Amélioration de la portance du sol support**

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de la

Couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF Ecf	Portance visée
<S4	Matériau Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Matériau Non traité	35cm	S3
S4	Matériau Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Matériau Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Matériau Non traité	70cm (2couches)	S1

Tableau V-4-Les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme

III-3- Méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

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

$$T_{eq} = \left[\frac{TJMA.a [(1+\tau)^n - 1] 0.75 P 365}{(1+\tau) - 1} \right]$$

Telle que :

- T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13t.
- $TJMA$: trafic à la mise en service de la route.
- a : coefficient qui dépend du nombre de voies.
- τ : taux d'accroissement annuel.
- n : durée de vie de la route.
- p : pourcentage de poids lourds.

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

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

IV- Application au projet

Pour notre projet, nous optons pour l'application des deux méthodes (**CBR et CTTP**).

➤ Méthode CBR

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ✓ Le trafic à l'horizon | TJMA ₂₀₃₇ = 25 375 V/j |
| ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds | PL = 10 % |
| ✓ Taux d'accroissement annuel | $\tau = 4 \%$ |
| ✓ Indice CBR | 5 |
| ✓ La charge par roue (essieu) | P = 6.5t |
| ✓ Log : logarithme décimal | |

Remarque : Compte tenu de la non disponibilité de l'étude géotechnique, nous avons considéré un indice CBR de 5 conformément à des travaux antérieurs consacré à cette région.

$$TJMA_{2037} = 25\,375 \text{ v/j}$$

$$N = (0.10 \times 25\,375) / 2 \text{ pl/j/s}$$

$$N = 1268.75 \text{ p/j/s}$$

Avec :

N : le nombre de camions par jour de plus 1.5t.

$$e = \frac{100 + \overline{6.5} (75 + 50 \log \frac{1268.75}{10})}{5 + 5}$$

D'après les calculs on trouve :

$e = 55.93 \text{ cm}$

Avec :

$$e_{eq} = \sum_{i=1}^3 a_i \times e_i = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

On prend:

$$e_{eq} = 60 \text{ cm}$$

Telle que les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés sont :

- | | |
|--------------------------|--------------|
| ✓ Couche de roulement BB | $a_1 = 2.00$ |
| ✓ Couche de base GB | $a_2 = 1.50$ |
| ✓ Couche de fondation GC | $a_3 = 1.00$ |

Dans notre calcul on fixe la couche de roulement $BB = 6 \text{ cm}$ et la couche de base $GB=15\text{cm}$, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

On a alors :

$$60 = 2 \times 6 + 1.5 \times 15 + 1 \times e_3$$

Donc :

$$e_3 = 60 - (12+22) / 1$$

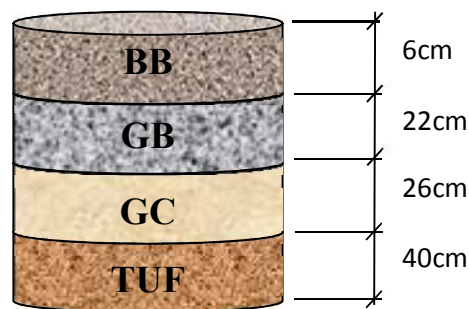
D'où :

$$e_3 = 26 \text{ cm}$$

On à:

$$e_{eq} = 60\text{cm}$$

$$e_{reel} = 26 + 22 + 6 = 54\text{cm}$$



FigureV-3- Schéma de différentes couches obtenues

Remarque :

6BB + 22 GB + 26 GC avec couche de forme (40cm en TUF).

Conclusion

Après calcul et vérification de l'admissibilité des déformations à la base de la couche **GB** et du sol support, La structure de chaussée adoptée est la suivante :

- Couche de roulement : 6 cm en **BB**.
- Couche de base : 22 cm en **GB**.
- Couche de fondation : 26 cm en **GC**.
- Couche de forme : 40 cm en **TUF**.

➤ **Méthode des catalogues de dimensionnement des chaussées neuves**

❖ **Classement de la route dans les réseaux principaux**

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Réseau principal	Traffic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau V-5- Les réseaux principaux

Notre projet est un tronçon de la nouvelle autoroute express qui reliera la RN12 à la RN24, il est classé dans le réseau principal RP1.

$TJMA_{2017} = 11\ 581$ v/j (à l'année de mise en service).

❖ **Détermination de la classe du trafic**

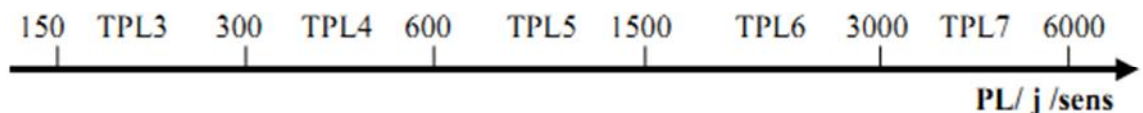
$N_0 = 11\ 581$ v/j.

$N_{pl} = 11\ 581 \times 10\% = 1158.1$ pl/j.

D'où :

$TPL_i = 1158.1$ pl/j

➤ **Classe TPLi pour RP1 :**



D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en TPL5 (entre 600 et 1500 PL).

❖ **Classe de portance du sol support**

Elle est déterminée sur la base du module $E = 5CBR$.

Avec :

Classes de sol-support	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau V-6-Classe de sol support

CBR=5 ; $E=5 \times 5 = 25 \text{MPa}$, la classe du sol support est S3 (tableau V.3).

❖ Sur classement du sol support

Le passage de S3 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches de 20cm pour chacune (tableau V-4).

- Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S2, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de :

6 BB+20 GB+30 GNT+ 40 TUF.

❖ Durée de vie

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RP1 et par matériaux types est synthétisée dans le tableau 4, page 13 [03].

- Alors la durée de vie est égale à **20 ans**.

❖ Risque de calcul

Le risque de calcul (r %) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans le tableau 5, page 14 [03].

- Alors soit : **$r=10\%$**

❖ Données climatiques

La région d'étude est située au nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humide, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	climat	Teq(0)	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, Hauts plateau
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateau
IV	<100	aride	30	Sud

Tableau V-7- Zone climatique de pluviométrie

- Alors d'après le tableau :

Notre projet est situé dans la **zone climatique I**.

❖ Température équivalente

La valeur de température équivalente « θ_{eq} » retenue pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le tableau III- 8.

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

Tableau v-8- Température équivalente

Alors d'après le tableau: $\theta_{eq} = 20$ °C.

❖ Valeur du coefficient d'agressivité

A : coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

Il est défini dans le tableau III- 9 . Elle est en fonction du niveau de réseau principal.

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées a matériaux traites au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées a matériaux traites au liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

Tableau v-9-Valeurs du coefficient d'agressivité

Alors: $A=0.6$

❖ conditions aux interfaces

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

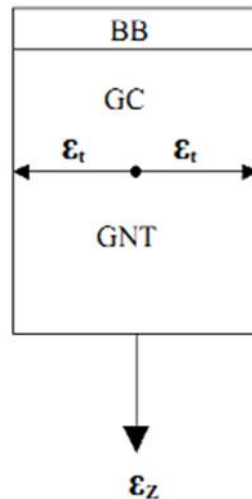
Et d'après le tableau 3, page 11 [03]:

Toutes les interfaces sont **collées**.

❖ **Mode de fonctionnement pour le type de structure**

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.



❖ **Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)**

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

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

Où :

τ : Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement).

n : durée de vie considérée, ($n=20$ ans).

$$TCi = 1158.1 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 1.26 \times 10^7 PL$$

❖ **Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi)**

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

$$TCi = 1158.1 \times 365 \times 0.6 \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCEi = 7.55 \times 10^6 PL$$

❖ Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\epsilon_{z,ad}$)

La déformation verticale ϵ_z calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible $\epsilon_{z,ad}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (\text{TCEi})^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (7.55 \times 10^6)^{-0.235} = 531 \times 10^{-6}$$

$\epsilon_{z,ad} = 532 \times 10^{-6}$
--

Remarque:

- ✓ Pour chaque valeur de (**TPLi**), il correspond une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.
- ✓ La vérification $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

❖ Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses ($\epsilon_{t,ad}$)

$\epsilon_{t,ad}$ est donnée par la relation suivante:

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \text{kne} \cdot \text{k}\theta \cdot \text{kr} \cdot \text{Kc}$$

Où :

- $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz})$: déformation limite au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).
- **kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- **k θ** : facteur lié à la température.
- **kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

Avec :

$$k_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b ; \quad k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)}} ; \quad k_r = 10^{-tb\delta}$$

D'où :

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^{\circ}C, 25 Hz) \cdot \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)}} \cdot 10^{-tb\delta} k_c$$

Avec :

- **TCEi**: trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- **b** : pente de droite de fatigue (b<0).
- **E (10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- **E (θeq)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

$$\delta : f(\text{dispersion}) \quad \Longrightarrow \quad = \frac{1}{\sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}}$$

Telle que :

- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- c : coefficient égal à 0.02
- t : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

➤ **D'après le tableau suivant**

Matériau	E(30°,10Hz) (MPa)	E(25°,10Hz) (MPa)	E(20°,10Hz) (MPa)	E(10°,10Hz) (MPa)	ε ₆ (10°C,25Hz)10 ⁻⁶	-1/b	SN	Sh (cm)	v	Kc calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Tableau V-10-Performances mécaniques des matériaux bitumineux

- ε₆ (10°C, 25 Hz) = 100 x10⁻⁶ : (déformation sous la grave bitume).
- b = -0.146 : (-1/b = 6.84 b = -1/6.84 b = -0.146).
- E (10 , 10Hz) = 12500 MPa ; E (θeq, 10Hz) = 7000 MPa.
- SN = 0.45 (GB).
- Sh = 3 cm (GB).
- Kc = 1.3 (GB).

$$\checkmark \quad k_{ne} = \left(\frac{7.55 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.744 \quad \text{avec:} \quad -\frac{1}{b} = 6.84 \quad b = -0.146$$

$$\Rightarrow \boxed{k_{ne} = 0.744}$$

$$\checkmark k_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$$

$$\boxed{k_{\theta} = 1.33}$$

➤ D'après le tableau 16, page 20 [03] :

- $t = -1.282$: ($r = 10\%$).

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{(0.45)^2 + \left(-\frac{0.02}{0.146} \times 3\right)^2}} = 0.609$$

$$\boxed{\delta = 0.61}$$

$$\checkmark k_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.61} = 0.76$$

$$\boxed{k_r = 0.76}$$

D'où:

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.744 \times 1.33 \times 0.76 \times 1.3 = 977 \cdot 10^{-7}$$

$$\boxed{\epsilon_{t,ad} = 97.7 \times 10^{-6}}$$

➤ Présentation de logiciel ALIZE III

ALIZE III est un programme issu du laboratoire central des ponts et chaussées en France (PARIS 1975) il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER. Les contraintes et les déformations σ_t , σ_z , ϵ_z , aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

La modélisation de la structure est donnée au tableau suivant :

	e (cm)	E (MPa)	ν
Couche de roulement en BB	6	4000	0.35
Couche de base en GB	20	7000	0.35
Couche de fondation en GNT	15	500	0.25
	15	500	0.25
Couche de forme en TUF	20	500	0.25
	20	500	0.25
Sol support	Infinie	25	0.35

Tableau V-6 : Modélisation de la structure

Les résultats de calculs :

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660
			0,060	17,5	0,255	70,9	0,606
0,200	7000,0	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606
			0,260	-62,1	-0,547	60,1	0,074
0,150	500,0	0,250	0,260	-62,1	-0,013	156,3	0,074
			0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
0,150	500,0	0,250	0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
			0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
0,200	500,0	0,250	0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
			0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
0,200	500,0	0,250	0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
			0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004
infini	25,0	0,350	0,960	-69,4	0,000	183,4	0,004

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2

tableau 3 tableau 4

tableau 5 tableau 6

tableau 7 tableau 8

Déflexion = 50,2 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 1057,2 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Tableau V.7 : Résultats écran ALIZE III

Résultats de simulation

	ε_z (sol support)	ε_t (à la base de la GB)
Déformations calculées ALIZE III	$183.4 * 10^{-6}$	$62.1 * 10^{-6}$
Déformations admissibles	$532 * 10^{-6}$	$97.7 * 10^{-6}$

Tableau V.8 : Résultats de simulation

➤ La structure 6BB + 20GB + 30GNT + 40TUF est donc vérifiée puisque :

- ✓ $t < t_{adm}$
- ✓ $z < z_{adm}$

V- Conclusion

D'après les résultats précédents, on remarque bien que la méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme que celle obtenue avec la méthode CBR.

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

- ✓ Augmentation de la longévité de la route.
- ✓ Minimiser les coûts d'entretien.
- ✓ Un meilleur comportement à l'orniérage.

Chapitre VI

Hydraulique et assainissement

I- Introduction

La présente étude hydraulique, nécessite la connaissance des données hydrauliques pour la détermination des débits de crues de différentes fréquences (décennal, cinquantaine, centennales) aux diverses traversées de la route par les écoulements naturels.

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- ✓ l'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc....
- ✓ les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).
- ✓ les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de graves dégâts (dégradations) à cause de mauvais drainage et entretien. Ces dégradations présentent sous forme de :

Pour les talus

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

Pour les chaussées

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

II- Objectif de l'assainissement

L'assainissement des chaussées des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux s'infiltrant à travers du corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

Ces objectifs seraient atteints par une bonne installation (dans la zone en déblai et les points bas) d'ouvrages d'évacuations (fossé, dalots, buses ...etc. Selon le cas), leurs dimensions seront en fonction du débit d'eaux recueillit.

III- Assainissement de la chaussée

La détermination du débouché à donner aux ouvrages tels que les dalots, ponceaux, ponts, etc... dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations.

Les ouvrages sous chaussée les plus utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

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

- ✓ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- ✓ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot).

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

➤ Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

➤ **Fossé de crête de déblai :**

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

➤ **Fossé de pied de talus de remblai :**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

➤ **Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

➤ **Descentes d'eau :**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

IV- Drainage des eaux souterraines

➤ **Nécessité du drainage des eaux souterraines**

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux mouillent la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- ✓ La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- ✓ La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

➤ Protection contre la nappe phréatique

La construction d'une chaussée change la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale. Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- ✓ soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- ✓ Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces solutions dépend :

- ✓ Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- ✓ De l'importance des problèmes de gel.
- ✓ De leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

V- Définition des termes hydraulique

➤ Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

➤ Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites, dites collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielle souterraines. Les collecteurs sont constitués des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constants.

➤ Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

➤ **Sacs :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

➤ **Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

➤ **Décante d'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes

➤ **Les regards :**

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

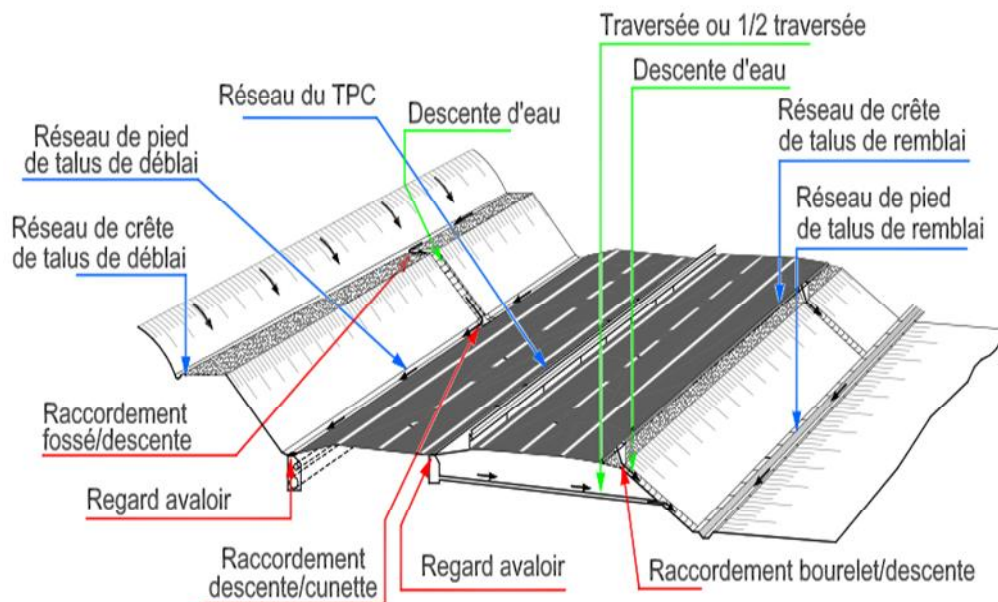


Figure VI.1. Différents composants de la route

VI- Données pluviométriques

La région de **Tizi-Ouzou** est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les données nécessaires aux calculs concernent :

- ✓ Les précipitations moyennes de 24h : **P₂₄ = P_j = 60.35mm**
- ✓ Le coefficient de variation de la région considérée : **C_v = 0.38.**
- ✓ L'exposant climatique de la région : **b = 0.37.**
- ✓ Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

Le calcul de la précipitation P_j (%) est obtenu par la formule suivante :

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

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie **t** minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Fréquences	Période de retour (ans)	Variable de Gauss
50	02	0.00
20	05	0.84
10	10	1.28
02	50	2.05
01	100	2.327

Tableau VI.1 : Variable de gauss en fonction de la fréquence.

VI.1. Surface des bassins versants (A)

Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes. Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- ✓ Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km².
- ✓ Les longueurs de talweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km

- ✓ La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur L en m/m.

Avec :

$$P = \frac{(H_{\max} - H_{\min})}{L}$$

L : longueur de Thalweg. Hmax : l'altitude maximale de B.V

Hmin : l'altitude minimale de B.V

VI.2. Coefficient de ruissellement (C)

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

- ✓ De la pente du bassin versant.
- ✓ De l'intensité de pluie.
- ✓ De la couverture du bassin versant.
- ✓ De la perméabilité du terrain.

Type de chaussée	C	Valeur retenues
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau VI.2 : Coefficient de ruissellement

VI.3. Superficie du bassin versant

Notre projet de linéaire de 7688m est au pied de (09) bassins versants dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

N° bassins	PK ouvrage	Surface(km2)	L(km)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	H _{moy} (m)	P%
1	19+925	0.578	0.925	478	224	351	0.27
2	20+238	0.516	1.074	376	224	300	0.14
3	20+336	0.039	1.240	376	224	300	0.12
4	20+370	0.106	0.927	376	211	293.5	0.17
5	20+680	0.110	1.221	212	128	170	0.06
6	21+415	18.346	7.443	1071	87	579	0.13
7	21+557	1.314	2.754	752	219	485.5	0.19
8	22+829	0.558	2.121	706	288	497	0.20
9	23+286	0.354	1.047	508	399	453.5	0.10

Tableau VI.3 : Caractéristiques des bassins versants.

VI.4. La période de retour

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

VI.5. Le temps de concentration

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum « Q » étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après **VENTURA, PASSINI, GIANDOTHI**, comme suit :

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1}$$

Avec : **I** : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

t_c : temps de concentration donné par la formule de :

- ✓ VENTURA ($A < 5 \text{ km}^2$).
- ✓ PASSINI ($5 < A < 25$).
- ✓ GIANDOTHI ($25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$).

- **Formule de VENTURA**

$$T_c = 0.127 \sqrt{A/P} \quad (\text{heure})$$

- **Formule de PASSINI**

$$T_c = 0.11^3 \frac{A}{L} \sqrt{P} \quad (\text{heure})$$

- **Formule de GIANDOTHI**

$$T_c = \frac{L}{4 \bar{A} + 1.5L} \quad (\text{heure})$$

Telle que :

A : surface (km²).

P : pente.

L : longueur du THALWEG (km)

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

Les valeurs des temps de concentration sont données dans le tableau suivant :

N° BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_c	0.18	0.24	0.07	0.10	0.17	1.5	0.33	0.21	0.24

Tableau VI.4 : Valeurs des temps de concentration.

VII. Calcul hydraulique

VII.1. Calcul de précipitation

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

Pendant 10 ans

- **u = 1.28 C_v = 0.38 P_j = 60.35**

$$P_j (10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{1.28 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (10\%) = 90.27 \text{ mm.}$$

Pendant 50 ans

- **u = 2.05 C_v = 0.38 P_j = 60.35**

$$P_j (02\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.057 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (02\%) = 120.08 \text{ mm}$$

Pendant 100 ans

- **u = 2.327 C_v = 0.38 P_j = 60.35**

$$P_j (10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.327 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (10\%) = 132.60 \text{ mm}$$

VII.2. Calcul de l'intensité de l'averse

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

$$I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24} \right)^B$$

Avec :

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1 heure.

$$B = b - 1 = 0.37 - 1 = -0.63$$

On a :

$$I = \frac{P_j}{24}$$

- Pour $P_j(10\%) = 90.27 \text{ mm}$

$$I = \frac{90.27}{24} = 3.76 \text{ mm/h}$$

- Pour $P_j(02\%) = 120.08 \text{ mm}$

$$I = \frac{120.08}{24} = 5.00 \text{ mm/h}$$

- Pour $P_j(01\%) = 132.60 \text{ mm}$

$$I = \frac{132.60}{24} = 5.53 \text{ mm/h}$$

Remarque :

Le débit d'apport de chaque bassin versant est résumé dans le tableau suivant :

N° bassins	PK ouvrage	Surface (km ²)	K	C	I ₁₀	Qa
1	19+950	0.578	0.2778	0.2	82.01	2.63
2	20+360	0.516	0.2778	0.2	68.42	1.96
3	20+365	0.039	0.2778	0.2	148.69	0.32
4	20+700	0.106	0.2778	0.2	118.77	0.69
5	21+425	0.110	0.2778	0.2	85.02	0.52
6	21+425	18.346	0.2778	0.2	21.56	21.98
7	21+557	1.314	0.2778	0.2	55.98	4.09
8	22+829	0.558	0.2778	0.2	74.42	2.35
9	23+286	0.354	0.2778	0.2	68.42	1.34

Tableau VI.5. Débit d'apport des bassins versants.

❖ Exemple de calcul pour le bassin N°1

1. Calcul des débits

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

$$Q_a = K \cdot I \cdot C \cdot A$$

Telle que:

- ✓ **K** : coefficient de concentration $K = 0.2778$.
- ✓ **C** : coefficient de ruissellement.
- ✓ **I**: l'intensité de l'averse exprimée (mm /h).

2- Surface de l'écoulement

On considère la présence des trois éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le débit d'apport par chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

Pour une section de 100m et le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m.

On à :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_{sb}$$

Telle que :

- ✓ $Q_c = K \cdot I \cdot C_c \cdot A_c$
- ✓ $Q_A = K \cdot I \cdot C_A \cdot A_A$
- ✓ $Q_{sb} = K \cdot I \cdot C_{sb} \cdot A_{sb}$

Et :

Q_c : débit d'apport par la chaussée.

Q_A : débit d'apport par l'accotement.

Q_{sb} : débit d'apport par le talus.

C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.

C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.

C_{sb} : coefficient de ruissellement du talus.

A_c : surface de la chaussée.

A_A : surface de l'accotement.

A_{sb}: surface du talus.

3- Calcul des surfaces

$$A = A_c + A_A + A_t$$

- Surface de la chaussée

$$A_c = 7 \times 100 \times 10^{-4} = 0.07 \text{ ha}$$

- Surface de l'accotement

$$A_A = 2.5 \cdot 100 \times 10^{-4} = 0.025 \text{ ha}$$

- Surface du talus

$$A_t = 10 \cdot 100 \times 10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$$

D'où :

$$A = 0.07 + 0.025 + 0.1 = 0.195 \text{ ha}$$

$A = 0.195 \text{ ha}$

4- Calcul des débits

$$Q_C = 2.778 \times 10^{-3} \times 0.95 \times 82.01 \times 0.07 = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 2.778 \times 10^{-3} \times 0.35 \times 82.01 \times 0.025 = 0.0019 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Sb} = 2.778 \times 10^{-3} \times 0.20 \times 82.01 \times 0.1 = 0.0045 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_a = Q_A + Q_C + Q_{Sb} = 0.015 + 0.0019 + 0.0045 = 0.0214 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_a = 0.0214 \text{ m}^3/\text{s}$

VIII. Calcul des ouvrages hydrauliques

VIII.1. Dimensions des fosses

Le débit de saturation est calculé par le biais de la formule de Manning- Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

La forme transversale de la fosse est trapézoïdale est donnée dans la figure ci-dessous :

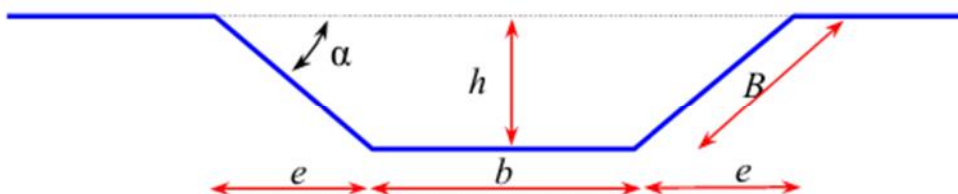


Figure VI.2 : Forme transversale de fossé.

➤ Calcul des dimensions des fossés

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation par la loi suivante :

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

Avec :

- ✓ K_{st} : coefficient de rugosité.
- ✓ K_{st} : 30 en terre.
- ✓ K_{st} : 70 en bétons (dalots).
- ✓ K_{st} : 80 en bétons (buses préfabriquées).
- ✓ I : pente longitudinale de l'ouvrage
- ✓ Surface mouillée $S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$
- ✓ Périmètre mouillé $P_m = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}$
- ✓ Rayon hydraulique $R_h = S_m / P_m$
- ✓ Pente du talus $P = 1/n$

On fixe la base du fossé à ($b = 50 \text{ cm}$) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

$Q_a = Q_s = F(h)$ et le calcul se fera par itération.

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot I^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

$$Q_s = Q_a = K \cdot I^{1/2} \times h(nh + b) \times \left[\frac{h(nh + b)}{b + 2h \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

$$h = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \cdot b \cdot I} \right]^{3/5} \frac{\left(1 + \frac{2h \sqrt{1+n^2}}{b} \right)^{2/5}}{1 + \frac{nh}{b}}$$

✓ Calcul de la surface mouillée

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$$

D'où:

$$e = n.h$$

$$S_m = bh + n.h^2 = h. (b + n.h)$$

$$S_m = h. (b + n. h)$$

✓ **Calcul du périmètre mouille**

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1+n^2}$$

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

✓ **Calcul le rayon hydraulique**

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

✓ **Calcul des dimensions des fossés**

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

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = Kst.I^{1/2} S_m.Rh^{2/3}$$

Donc :

$Q_a = Q_s = F(h)$ et le calcul se fera par itération.

✓ **Application numérique**

$$Q_s = Q_a = K.S_m. Rh^{2/3}.I^{1/2}$$

Données :

$$*Q_a = 0.0186 \text{ m}^2/\text{s} \quad *K = 70 * I = 4\%$$

$$h = \left[\frac{Q_a}{Kst.b \cdot I} \right]^{3/5} \frac{\left(1 + \frac{2h\sqrt{1+n^2}}{b} \right)^{2/5}}{1 + \frac{nh}{b}}$$

Après calcul itératif on trouve :

$$h = 0.45 \text{ m}$$

D'où les dimensions du fossé sont :

$$B \times H = 0.50 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$$

Verification:

$$Q_s = 70 \times 0,04^{1/2} \times 0,45(1,5 \times 0,45 + 0,50) \times \left[\frac{0,45(1,5 \times 0,45 + 0,5)}{0,5 + 2 \times 0,45(\sqrt{1 + 1,5^2})} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 2,931 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où:

$Q_s > Q_a$ c'est vérifié.

VIII.2. Dimension des buses

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = Kst. I^{1/2}. S_m .Rh^{2/3}$$

- S_m : surface mouillée = $1/2 \times \pi \times R^2$
- R_h : rayon hydraulique = $R/2$
- $Kst = 80$ (pour les buses)
- $I = 2.5\%$: la pente de pose de l'ouvrage.

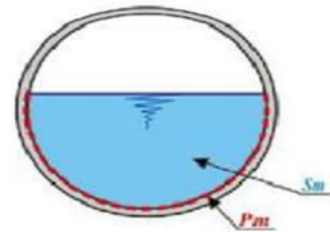


Figure VI.3. Buse

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{Q_a \times 2^{\frac{2}{3}}}{Ks \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{\frac{1}{2}}}$$

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2.931 \times 2^{\frac{2}{3}}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{\frac{1}{2}}} = 0,581 \text{ m}$$

Donc :

$$D = 2R = 1162 \text{ mm}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que : $\Phi 400, \Phi 500, \Phi 800, \Phi 1000, \Phi 1200, \Phi 1500 \dots$ etc.

Donc : on prend $R = 581 \text{ mm}$ et on prend :

$$\Phi = 1200 \text{ mm}$$

Remarque : Dans ce cas on a trouvé un diamètre égale à **1200mm** alors on va l'augmenter jusqu'à **1500 mm** pour faciliter la tâche aux agents d'entretien pour travailler dans de meilleures conditions.

IX .Conclusion

Les résultats complets de l'étude hydrologique sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
2	Buse	Φ1500 mm	PK20+360
3	Buse	Φ1500 mm	PK20+520
4	Buse	Φ1500 mm	PK20+800
5	Buse	Φ1500 mm	PK21+800
7	Buse	Φ1500 mm	PK22+500
8	Buse	Φ1500 mm	PK22+800
9	Buse	Φ1500 mm	PK23+360

Tableau VI.6 : Localisation des ouvrages d'assainissement.

Chapitre VII

Ouvrages d'arts

I- Introduction

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

En résumé, on appellera pont tout ouvrage de franchissement en élévation construit in situ, ce qui exclut les buses totalement ou partiellement préfabriquées.

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art existants, ainsi le type d'ouvrage à concevoir pour franchir les routes et les pistes existantes.

II- Choix du type d'ouvrage

Afin de choisir le type d'ouvrage à retenir, nous présentons dans le tableau suivant les caractéristiques géométriques induites par notre tracé.

N °de l'ouvrage	PK de l'ouvrage	Portée (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
1	PK19+920 au PK20+250	330	/	/
2	PK21+240 au PK21+760	520	/	/

Tableau VII.1. Caractéristiques géométriques.

Notre objectif est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat.

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

- ✓ Le profil en long de la chaussée.
- ✓ La portée de l'ouvrage.
- ✓ La nature du sol.
- ✓ Position possible des appuis.
- ✓ Le gabarit à respecter.

Compte tenu de nos portées importantes les ouvrages adaptés : pont mixte, pont à hauban, pont à encorbellement successif.

II.1- Pont mixte

➤ Description

Le béton assure le rôle de table de compression. Les efforts de traction sont repris par le profilé métallique, la garantie du non-glissement entre le hourdis et la semelle supérieure au profilé est assurée par des connecteurs (petits éléments métalliques soudés sur la semelle supérieure du profilé) les connecteurs sont dimensionnés pour reprendre la totalité des efforts de glissement, la dalle ainsi liée à l'ossature de manière à intervenir dans la flexion générale. On obtient ainsi un pont mixte dans lequel la dalle est considérée comme participante à la résistance de l'ensemble.



Figure VII.1 : Pont mixte

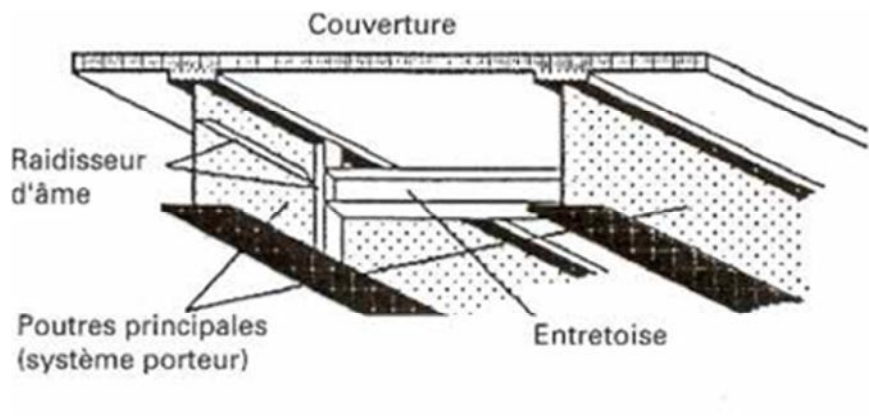


Figure VII.2 : Schéma d'une coupe transversale d'un pont mixte

➤ **Les avantages**

- ✓ La possibilité de franchir de grandes portées.
- ✓ La légèreté, donc la diminution du nombre des pieux.
- ✓ La rapidité d'exécution globale.
- ✓ La précision dimensionnelle des structures.
- ✓ La possibilité d'exécution et de réparation des poutres.

➤ **Les inconvénients**

- ✓ Le problème majeur des ponts mixtes est l'entretien contre la corrosion et le phénomène de fatigue dans les assemblages.
- ✓ La résistance et la stabilité de la structure en place doivent être vérifiées à tous les stades importants du montage, ainsi qu'un contrôle strict sur chantier.
- ✓ Demande d'une main d'œuvre qualifiée (surtout pour le soudage).
- ✓ Risque du voilement et de déversement des poutres.
- ✓ L'instabilité de membrures tendues au flambement latéral.
- ✓ La sensibilité au gradient thermique.

II.2- Pont à haubans

➤ Description

Les ponts à haubans les plus utilisés sont les ponts symétriques à trois travées, dans de tel ponts le groupe des haubans le plus proche des culées (ou des piles-culées) joue un rôle particulier et essentiel : en effet dans ces zones le tablier ne peut se déplacer que verticalement (dans la mesure où la réaction sur culée où pile-culée reste positive). Et les haubans qui sont ancrés limitent les déplacements horizontaux de la tête des pylônes. C'est pourquoi on les appelle haubans de retenue ; ils donnent à l'ouvrage l'essentiel de sa rigidité.



Figure VII.3 : Pont à hauban

➤ Les avantages

- ✓ Ils représentent une grande importance esthétique.
- ✓ Ils sont utilisés pour les grandes portées (généralement supérieur à 200m).

➤ Les inconvénients

- ✓ Ce sont des ouvrages très coûteux car ils nécessitent une grande quantité d'acier.
- ✓ La complexité d'exécution (ils demandent une main d'œuvre très qualifiée et un matériel spécial).
- ✓ L'augmentation considérable des moments du poids propre par suite de variation de l'inertie des consoles.
- ✓ L'accroissement des contraintes de compression de la membrure inférieure.
- ✓ La multiplication des câbles de précontrainte de fléau.

II.3- Pont construit par encorbellement successif

Ce type d'ouvrage est réalisé dans les grandes portées, l'organe porteur est constitué par un ou plusieurs caissons qui forment un profil fermé comprenant un hourdis supérieur qui sert de dalle de couverture et des âmes reliées entre elles à leurs parties basse par un hourdis inférieur.



Figure VII.4 : Pont construit par encorbellement successif.



Figure VII.5 : Pont construit par encorbellement successif

➤ Les avantages

- ✓ L'esthétique de ce type d'ouvrage.
- ✓ Dans les ouvrages de ce type, la portée est très importante.
- ✓ La rapidité d'exécution.
- ✓ Ce type de profil fermé présente une grande rigidité à la torsion.
- ✓ L'augmentation du rendement de la main d'œuvre, dû à la mécanisation des tâches à l'intérieur d'un cycle répétitif.

➤ Les inconvénients

- ✓ Les effets du fluage du béton et de la relaxation des aciers conduisent alors à de délicats problèmes.
- ✓ L'influence du gradient thermique.

III - Conclusion

Après avoir examiné tous les types d'ouvrages possibles, on a opté pour le pont en encorbellement type voussoirs vue les obstacles franchies en béton précontraint et cela pour les avantages économiques et la facilité de leurs construction et de leurs entretien.

N° de l'ouvrage	PK de l'ouvrage	Désignation	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
1	PK19+920 au PK20+250	Pont a encorbellement successif (voussoir)	330	/	/
2	PK21+240 au PK21+760	Pont a encorbellement successif (voussoir)	520	/	/

Tableau VII.1. Récapitulatif des ouvrages d'arts proposés.

Chapitre VIII

Equipements de la route

A. Sécurité

I. Introduction

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un côté et à guider les usagers de la route d'un autre côté.

II. Dispositifs de retenue

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent être implantés que si le risque en leurs absences le justifie. Les dispositifs de retenue implantés sont :

II.I. Glissières de sécurité

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue.

❖ Les glissières de niveau 1

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.



Figure VIII.1 : Glissière en béton.

❖ Les glissières de niveau 2 et 3

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/ h).



Figure VIII.2 : Glissière métallique.

Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

- **Sur le TPC :**

Eventuel pour les cas des routes à deux chaussées de type R.

- **Sur les accotements**

- ✓ En présence d'obstacles durs ou autres configuration agressives.
- ✓ Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques.

Il est à noter cependant :

- Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

II.2. Murettes de protection en béton armé

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets.

Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) sont envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important, en particulier dans les cas suivants :

- Les sections où la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.

3. Application au projet

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues tout le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC, et en présence d'un TPC de 3m il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton.

On doit prévoir des sections revêtues et protégées dans le TPC qui seront utilisées en cas d'urgence ou d'accident, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.



Figure VIII.3 : Glissière retenue.

B. Signalisation

I. Introduction

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des Infrastructures n'est plus à démontrer.

Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation.

Ils sont intangibles pour que l'usager puisse toujours la comprendre.

II. l'objet de la signalisation routière

La signalisation routière a pour objet :

- ✓ De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- ✓ De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- ✓ D'indiquer et de rappeler les diverses prescription particulières.

III. Catégories de signalisation

On distingue :

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

IV. Règles à respecter pour la signalisation

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

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

- ✓ Eviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

V. Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale.
- ✓ Signalisation horizontale.

❖ Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide des panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

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

- **Signaux comportant une prescription absolue** :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

- **Signaux à simple indication** :

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

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

- **Signaux de position des dangers** :

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

❖ Signalisation horizontale

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

➤ Marquage longitudinal

• Lignes continue

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



Ligne continue :

Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits.

Il est également interdit de la traverser perpendiculairement.



Ligne discontinue :

Trait 3m, intervalle 10m .Dépassement et changement de voie autorisés.



Ligne de rive : trait 3m, intervalle 3,50m

Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.



Ligne de rive : trait de 20 m, intervalle 6 m

Annonce l'approche d'une intersection.



Ligne de rive : trait de 38 m, intervalle 14 m

Sur autoroute elle délimite la **bande d'arrêt d'urgence** (BAU), circulation, arrêt, stationnement interdits sauf panne ou incident.



Flèches directionnelles :

Elles imposent aux automobilistes de suivre la ou l'une des directions indiquées

- **Lignes discontinues**

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

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

- **Modulation des lignes discontinues**

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

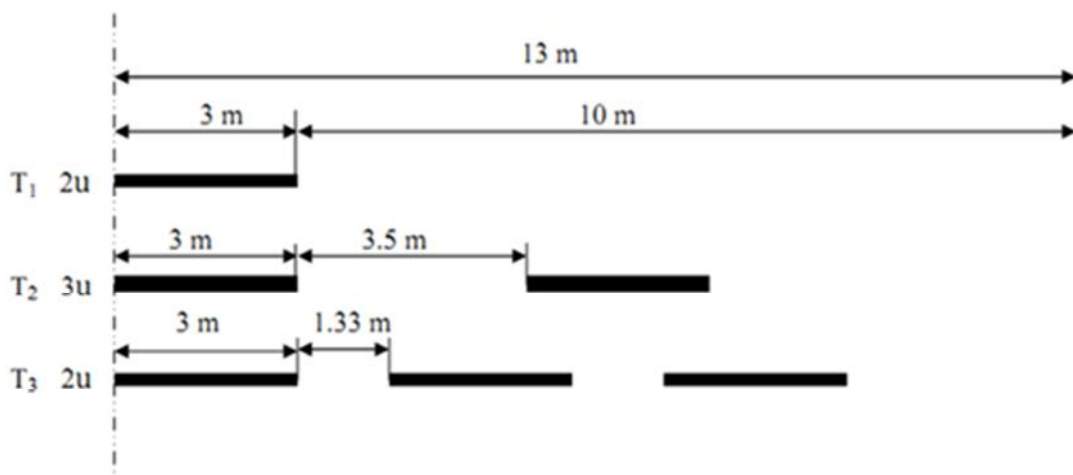


Figure VIII.4: Types de modulation.

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

Tableau VIII.1 : Caractéristiques des lignes discontinues.

➤ **Marquage transversal**

- **Lignes transversales continue**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

- **Lignes transversales discontinue**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

➤ **Autre marquage**

- **Flèche de rabattement**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

- **Flèches de sélection**

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

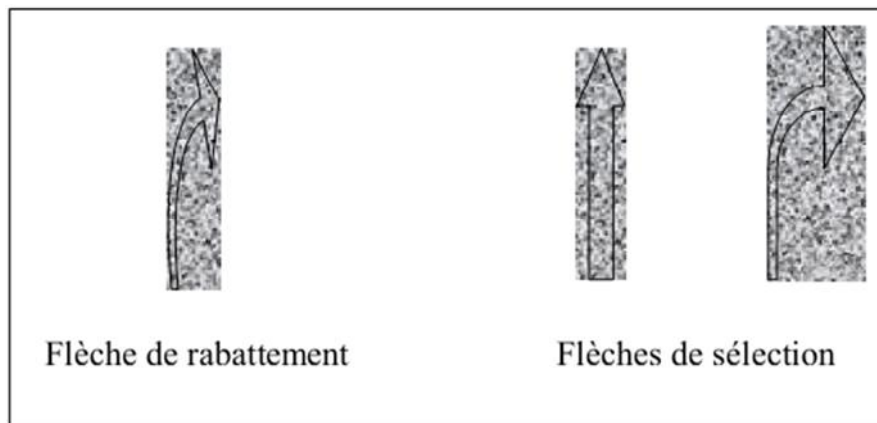


Figure VIII.5 : Flèche de signalisation.

VI. Caractéristiques générales des marques

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
 - **U = 7.5cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
 - **U = 6cm** sur les routes et voies urbaines.
 - **U = 5cm** pour les autres routes.

VII. Application au projet

- **Signalisation horizontale** : Voir les figures VIII 6, VIII 7, VIII 8, VIII 9, VIII 10.

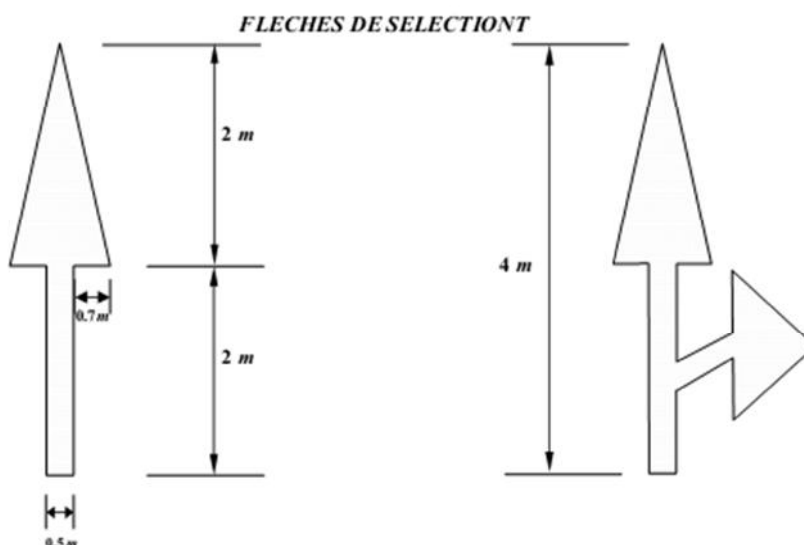


Figure VIII.6 : Flèches de sélections.

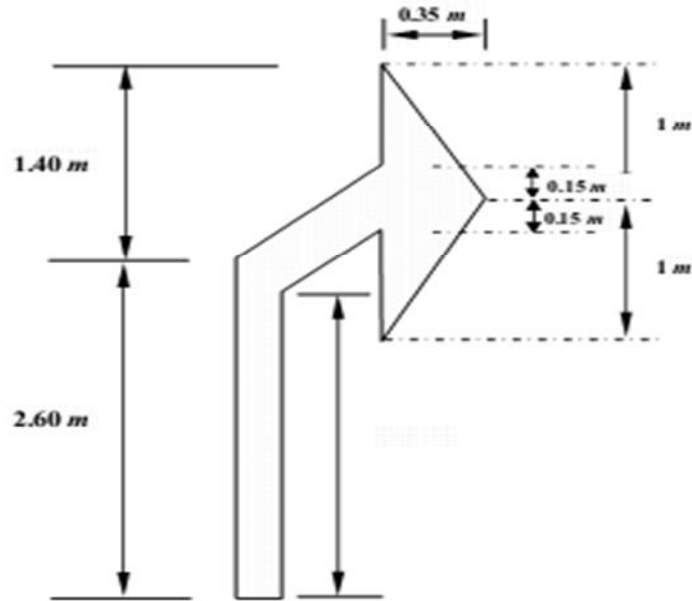


Figure VIII.7 : Flèche de sélection.

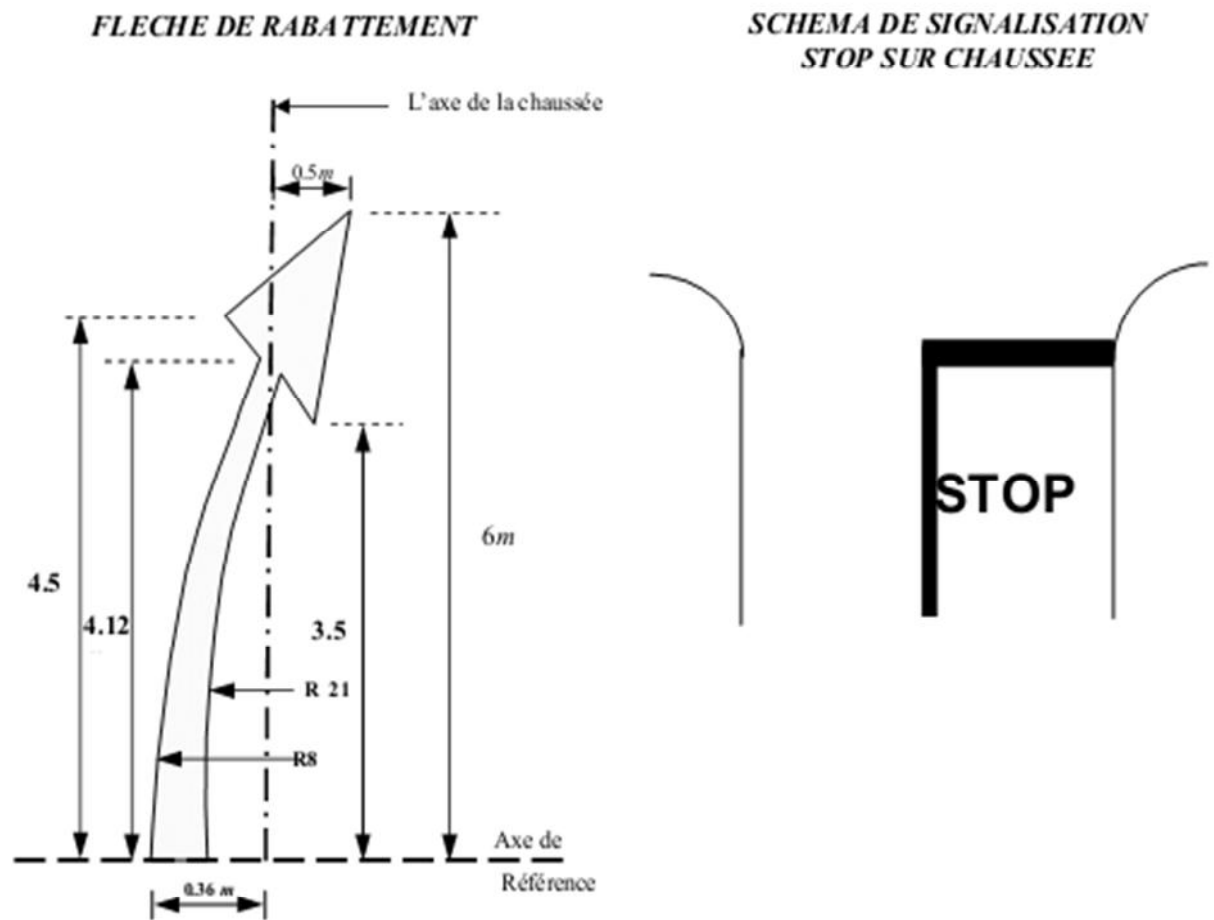


Figure VIII.8

SCHEMAS DE MARQUAGE PAR HACHURES (sur le nez d'îlot):

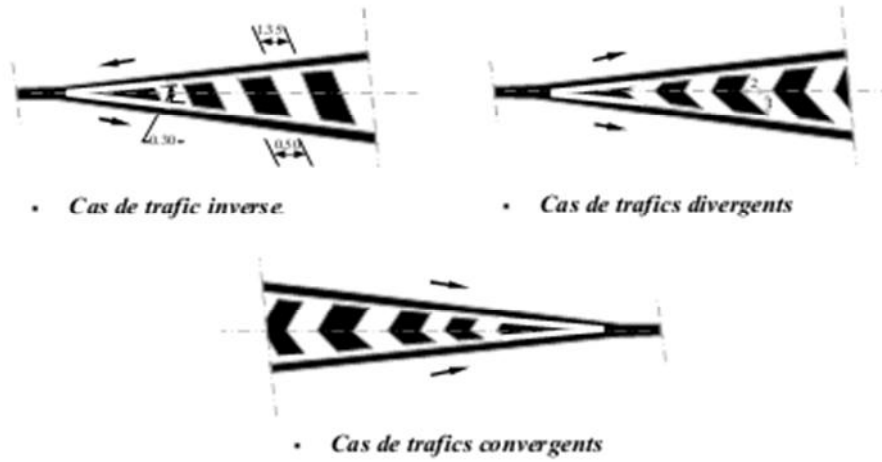


Figure VIII.9 : Marquage par hachures.

➤ Signalisation verticale : Voir figure VIII.11, VIII.12

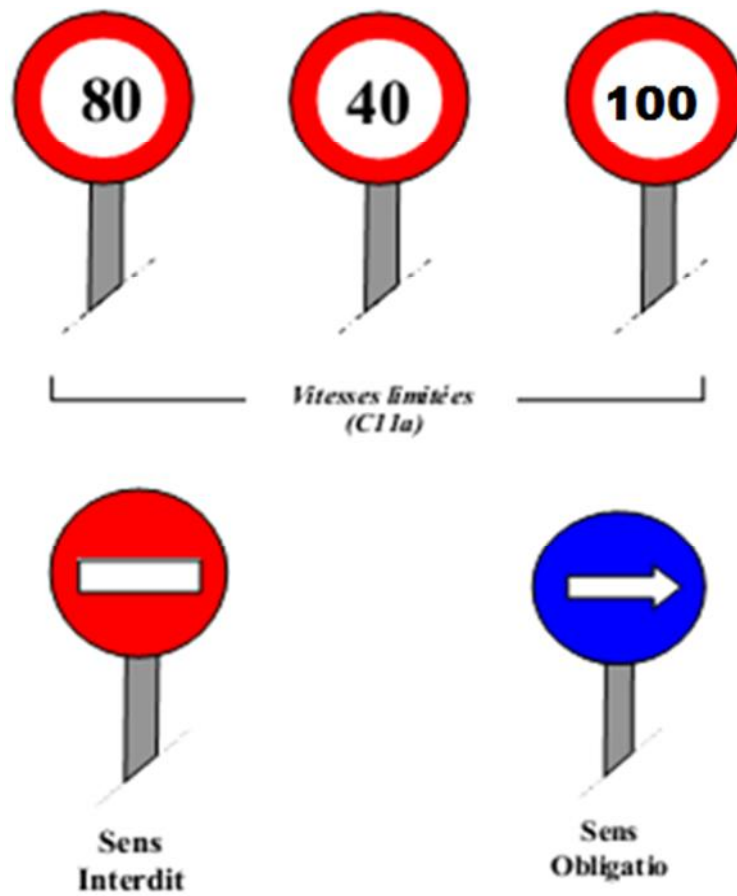


Figure VIII.11 : Signalisation verticale

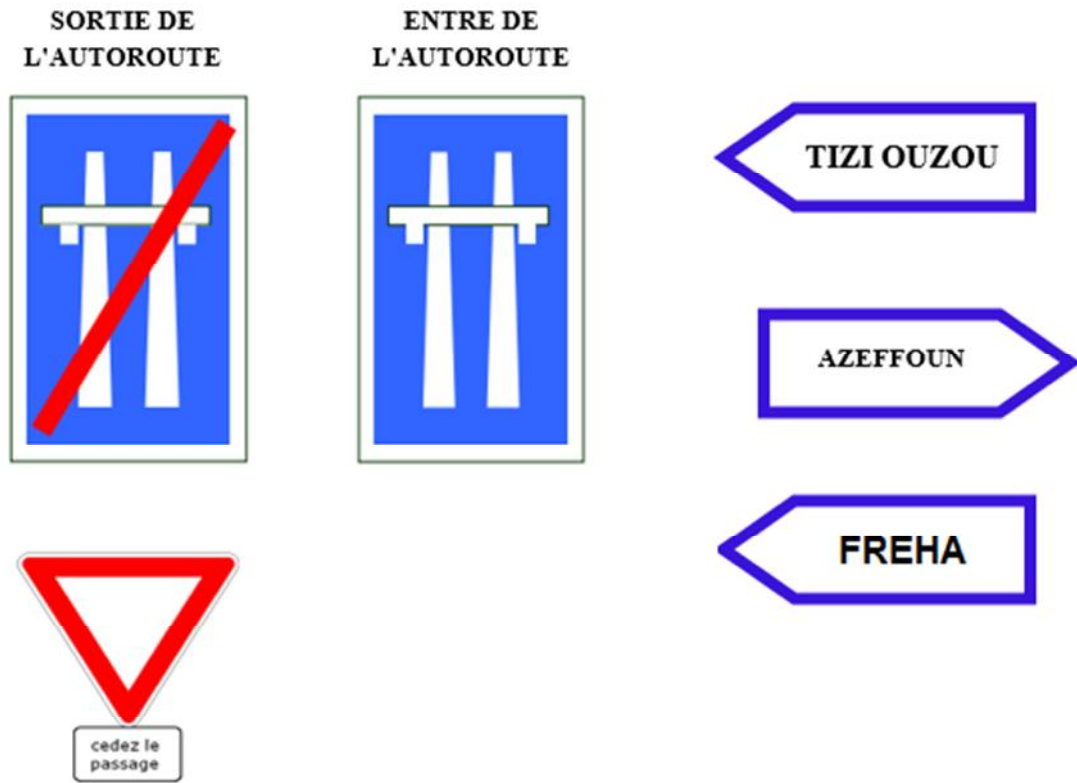


Figure VIII.12 : Signalisation verticale.

C. Eclairage

I. Introduction

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler la nuit avec une sécurité et un confort, c'est à dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours.....etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- Classe A : éclairage général d'une route ou autoroute.
- Classe B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- Classe C : éclairage des voies dessertes.
- Classe D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

II. Eclairage d'un point singulier

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

III. Paramètre de l'implantation des luminaires

- **L'espacement (e) entre luminaires** : varie en fonction de type des voies.
- **La hauteur (h) du luminaire** : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées
- **La largeur (l)** de la chaussée
- **Le porte à faux (p)** du foyer par rapport au support.

- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée. Voir figures IX.9.

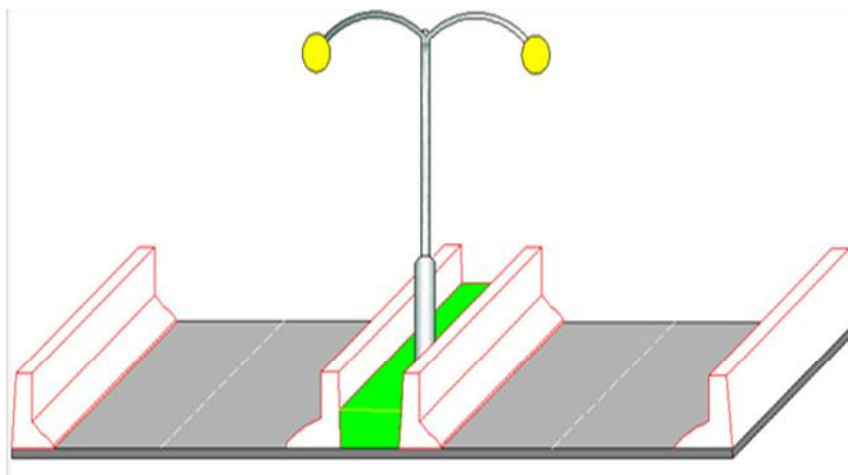
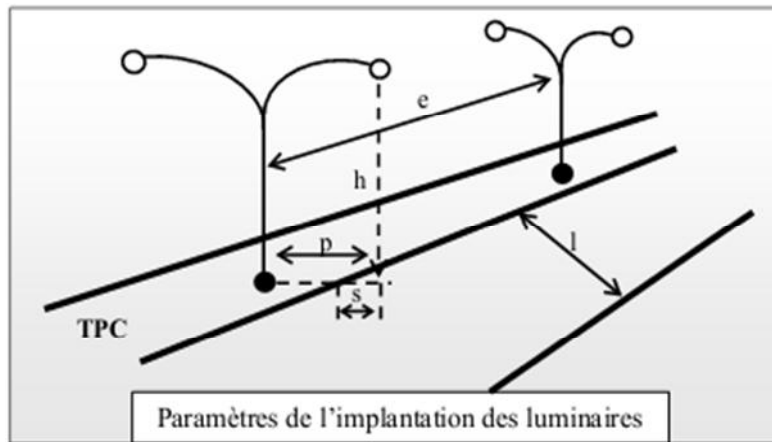


Figure VIII.13 : Paramètres de l'implantation des luminaires

IV. Application au projet

Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantés dans le terre-plein central avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi-chaussée, espacés de 20m.

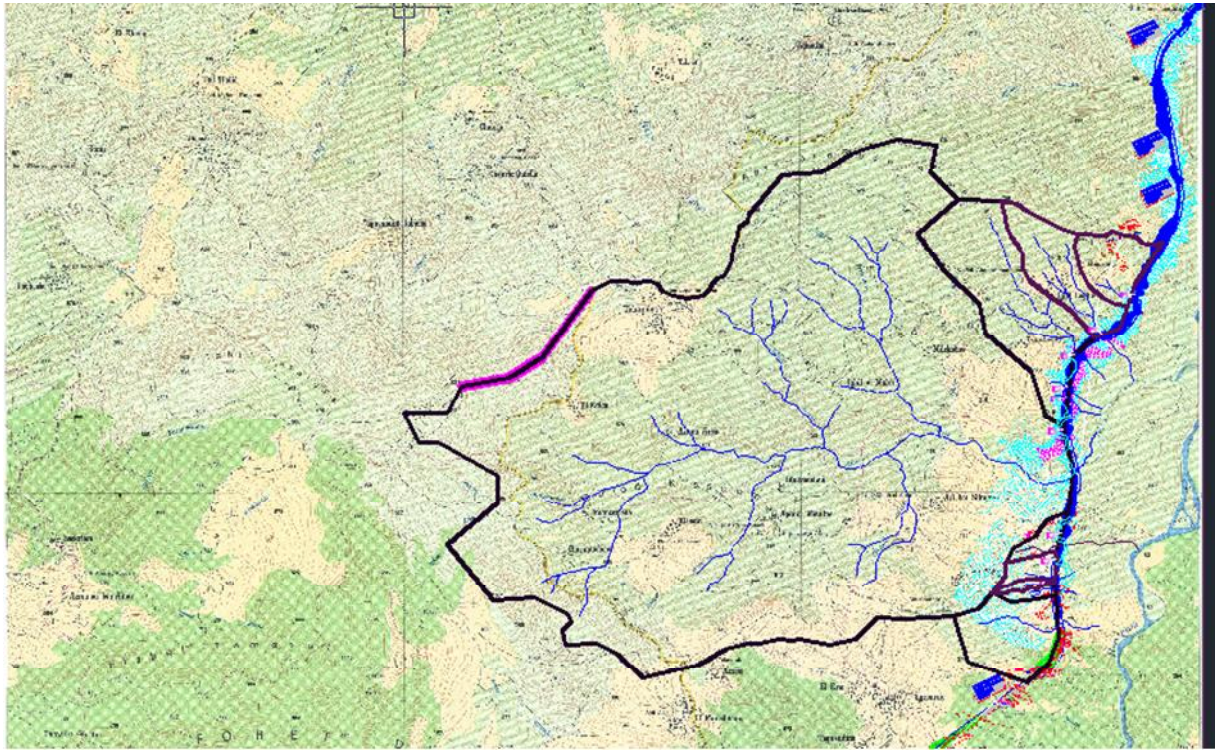
Conclusion général

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour nous pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation.

Ce projet nous a permis aussi d'être en face de problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était une grande occasion pour prendre connaissance du déroulement d'un projet de travaux publics en général et d'un projet routier en particulier.

Dans le cadre de cette étude, l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment PISTE5.05 et AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics nous a été d'une grande utilité.

Durant l'élaboration de ce projet, nous avons pris en considération certaines contraintes rencontrées sur le terrain, le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.



BIBLIOGRAPHIE

- [01] **ARP**, Aménagement des routes principales (recommandations techniques), **août 1994** Ministère de l'équipement des transports et du logement. Direction des routes **SETRA**
- [02] **B40**, Normes techniques d'aménagement des routes, Ministère des Travaux Publics Algérien.
- [02A] **B60, B61**, Programme de charges et Epreuves des ponts- routes.
- [03] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**C .T.T.P.**) fascicule 1 ,2 et 3.
- [04] **I.C.T.A.A.L** (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), Ministère de l'équipement des transports et du logement. Direction des routes **SETRA**
- [05] Thèses de fin d'études précédentes à l'UMMTO et à l'école nationale supérieure des travaux publics (**ENSTP**).
- [06] Cours de routes 1ère année master.
- [07] Code algérien de la route.
- [08] Enquête de comptage du trafic 2007 fournie par la **DTP**.
- [09] Fascicule N° 62 (Ouvrages d'arts).
- [10] Guide des terrassements routiers (GTR-de **SETRA**).
- [11] Recommandation pour l'assainissement routier (**SETRA**).
- [12] Thèses ENTP Alger.

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	209.066	209.066	659437.613	392631.862	6.764°	2.50	-2.5
2	20.000	200.594	208.419	659435.257	392651.723	6.764°	2.50	-2.5
3	40.000	191.780	207.772	659432.901	392671.584	6.764°	2.50	-2.5
4	60.000	182.967	207.125	659430.545	392691.445	6.764°	2.50	-2.5
5	80.000	178.476	206.478	659428.190	392711.305	6.764°	2.50	-2.5
6	100.000	177.008	205.832	659425.834	392731.166	6.764°	2.50	-2.5
7	120.000	176.125	205.185	659423.478	392751.027	6.764°	2.50	-2.5
8	140.000	176.258	204.538	659421.122	392770.888	6.764°	2.50	-2.5
9	160.000	178.905	203.891	659418.767	392790.748	6.764°	2.50	-2.5
10	180.000	184.134	203.244	659416.411	392810.609	6.764°	2.50	-2.5
11	200.000	185.168	202.597	659414.055	392830.470	6.764°	2.50	-2.5
12	220.000	184.765	201.950	659411.699	392850.331	6.764°	2.50	-2.5
13	240.000	183.835	201.304	659409.344	392870.192	6.764°	2.50	-2.5
14	260.000	183.667	200.657	659406.988	392890.052	6.764°	2.50	-2.5
15	280.000	184.119	200.010	659404.632	392909.913	6.764°	2.50	-2.5
16	300.000	186.189	199.363	659402.276	392929.774	6.764°	2.50	-2.5
17	308.390	185.094	199.092	659401.288	392938.105	6.764°	2.50	-2.5
18	320.000	190.908	198.716	659399.988	392949.642	6.099°	2.50	-2.5
19	340.000	193.712	198.069	659398.062	392969.549	4.953°	2.50	-2.5
20	360.000	197.629	197.422	659396.534	392989.490	3.807°	2.50	-2.5
21	380.000	199.239	196.776	659395.406	393009.458	2.661°	2.50	-2.5
22	400.000	199.789	196.129	659394.677	393029.444	1.516°	2.50	-2.5
23	420.000	193.251	195.482	659394.348	393049.441	0.370°	2.50	-2.5
24	440.000	185.802	194.835	659394.419	393069.441	359.224°	2.50	-2.5
25	460.000	186.643	194.188	659394.890	393089.435	358.078°	2.50	-2.5
26	480.000	189.423	193.541	659395.760	393109.416	356.932°	2.50	-2.5
27	500.000	188.474	192.894	659397.030	393129.375	355.786°	2.50	-2.5
28	520.000	187.431	192.248	659398.699	393149.305	354.640°	2.50	-2.5
29	540.000	184.614	191.601	659400.767	393169.198	353.494°	2.50	-2.5
30	560.000	181.275	190.954	659403.231	393189.045	352.348°	2.50	-2.5
31	580.000	177.645	190.307	659406.092	393208.839	351.202°	2.50	-2.5
32	600.000	175.000	189.660	659409.349	393228.571	350.056°	2.50	-2.5
33	620.000	178.494	189.013	659412.999	393248.235	348.910°	2.50	-2.5
34	640.000	181.440	188.366	659417.042	393267.822	347.765°	2.50	-2.5
35	660.000	183.134	187.720	659421.476	393287.324	346.619°	2.50	-2.5
36	664.722	183.455	187.567	659422.579	393291.916	346.348°	2.50	-2.5
37	680.000	184.743	187.069	659426.185	393306.762	346.348°	2.50	-2.5
38	700.000	186.426	186.171	659430.906	393326.197	346.348°	2.50	-2.5
39	720.000	185.015	184.873	659435.626	393345.631	346.348°	2.50	-2.5
40	740.000	185.000	183.327	659440.347	393365.066	346.348°	2.50	-2.5
41	760.000	185.000	181.778	659445.067	393384.501	346.348°	2.50	-2.5
42	780.000	179.460	180.229	659449.788	393403.936	346.348°	2.50	-2.5
43	800.000	173.521	178.680	659454.508	393423.371	346.348°	2.50	-2.5
44	820.000	168.514	177.130	659459.229	393442.806	346.348°	2.50	-2.5
45	840.000	163.100	175.581	659463.949	393462.241	346.348°	2.50	-2.5
46	860.000	157.230	174.032	659468.669	393481.676	346.348°	2.50	-2.5
47	880.000	151.359	172.483	659473.390	393501.111	346.348°	2.50	-2.5
48	900.000	150.000	170.933	659478.110	393520.546	346.348°	2.50	-2.5
49	920.000	152.605	169.384	659482.831	393539.981	346.348°	2.50	-2.5
50	940.000	156.080	167.835	659487.551	393559.416	346.348°	2.50	-2.5
51	960.000	159.879	166.286	659492.272	393578.851	346.348°	2.50	-2.5
52	980.000	164.031	164.736	659496.992	393598.286	346.348°	2.50	-2.5
53	1000.000	169.577	163.187	659501.713	393617.721	346.348°	2.50	-2.5
54	1020.000	173.823	161.638	659506.433	393637.156	346.348°	2.50	-2.5

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
55	1040.000	180.584	160.089	659511.154	393656.591	346.348°	2.50	-2.5
56	1060.000	183.674	158.539	659515.874	393676.026	346.348°	2.50	-2.5
57	1080.000	185.000	156.990	659520.594	393695.461	346.348°	2.50	-2.5
58	1100.000	185.000	155.441	659525.315	393714.896	346.348°	2.50	-2.5
59	1120.000	184.558	153.892	659530.035	393734.330	346.348°	2.50	-2.5
60	1140.000	178.071	152.343	659534.756	393753.765	346.348°	2.50	-2.5
61	1160.000	175.000	150.793	659539.476	393773.200	346.348°	2.50	-2.5
62	1180.000	177.151	149.244	659544.197	393792.635	346.348°	2.50	-2.5
63	1200.000	172.386	147.695	659548.917	393812.070	346.348°	2.50	-2.5
64	1220.000	160.523	146.146	659553.638	393831.505	346.348°	2.50	-2.5
65	1240.000	154.004	144.596	659558.358	393850.940	346.348°	2.50	-2.5
66	1260.000	150.085	143.047	659563.079	393870.375	346.348°	2.50	-2.5
67	1280.000	144.659	141.498	659567.799	393889.810	346.348°	2.50	-2.5
68	1300.000	139.949	139.628	659572.520	393909.245	346.348°	2.50	-2.5
69	1303.419	139.385	139.200	659573.326	393912.567	346.348°	2.50	-2.5
70	1320.000	136.487	136.687	659576.857	393928.767	349.062°	2.50	-2.5
71	1340.000	131.134	133.425	659580.089	393948.501	352.337°	2.50	-2.5
72	1360.000	125.544	130.163	659582.188	393968.388	355.611°	2.50	-2.5
73	1380.000	119.091	126.901	659583.148	393988.362	358.885°	2.50	-2.5
74	1400.000	109.065	123.639	659582.966	394008.358	2.159°	2.50	-2.5
75	1420.000	104.491	120.377	659581.643	394028.312	5.433°	2.50	-2.5
76	1440.000	100.000	117.115	659579.181	394048.157	8.707°	2.50	-2.5
77	1460.000	100.000	113.853	659575.591	394067.829	11.981°	2.50	-2.5
78	1477.403	100.000	111.015	659571.557	394084.756	14.830°	2.50	-2.5
79	1480.000	100.000	110.591	659570.892	394087.267	14.830°	2.50	-2.5
80	1500.000	95.924	107.330	659565.773	394106.601	14.830°	2.50	-2.5
81	1520.000	81.960	104.068	659560.654	394125.935	14.830°	2.50	-2.5
82	1540.000	75.743	100.806	659555.535	394145.268	14.830°	2.50	-2.5
83	1560.000	75.000	97.544	659550.416	394164.602	14.830°	2.50	-2.5
84	1580.000	75.000	94.282	659545.297	394183.936	14.830°	2.50	-2.5
85	1600.000	74.519	91.020	659540.178	394203.270	14.830°	2.50	-2.5
86	1620.000	73.639	87.758	659535.059	394222.604	14.830°	2.50	-2.5
87	1640.000	72.759	84.496	659529.941	394241.938	14.830°	2.50	-2.5
88	1660.000	72.196	81.234	659524.822	394261.271	14.830°	2.50	-2.5
89	1680.000	72.544	77.972	659519.703	394280.605	14.830°	2.50	-2.5
90	1700.000	74.711	75.248	659514.584	394299.939	14.830°	2.50	-2.5
91	1720.000	83.593	75.595	659509.465	394319.273	14.830°	2.50	-2.5
92	1740.000	91.037	76.479	659504.346	394338.607	14.830°	2.50	-2.5
93	1760.000	97.258	77.364	659499.227	394357.941	14.830°	2.50	-2.5
94	1777.600	101.511	78.142	659494.722	394374.955	14.830°	2.50	-2.5
95	1780.000	102.037	78.248	659494.116	394377.276	14.437°	2.50	-2.5
96	1800.000	104.797	79.132	659489.686	394396.777	11.163°	2.50	-2.5
97	1820.000	105.262	80.017	659486.376	394416.498	7.889°	2.50	-2.5
98	1840.000	104.597	80.901	659484.199	394436.377	4.615°	2.50	-2.5
99	1860.000	96.954	81.785	659483.160	394456.347	1.341°	2.50	-2.5
100	1880.000	96.192	82.670	659483.263	394476.344	358.067°	2.50	-2.5
101	1900.000	95.955	83.554	659484.509	394496.302	354.793°	2.50	-2.5
102	1920.000	99.472	84.438	659486.892	394516.157	351.519°	2.50	-2.5
103	1937.224	102.250	85.200	659489.850	394533.124	348.699°	2.50	-2.5
104	1940.000	102.672	85.323	659490.394	394535.846	348.699°	2.50	-2.5
105	1960.000	107.974	86.207	659494.314	394555.458	348.699°	2.50	-2.5
106	1980.000	112.345	87.091	659498.233	394575.070	348.699°	2.50	-2.5
107	2000.000	112.816	87.976	659502.152	394594.682	348.699°	2.50	-2.5
108	2020.000	114.870	88.860	659506.072	394614.295	348.699°	2.50	-2.5

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
109	2040.000	123.020	89.744	659509.991	394633.907	348.699°	2.50	-2.5
110	2060.000	125.946	90.629	659513.910	394653.519	348.699°	2.50	-2.5
111	2080.000	121.772	91.513	659517.830	394673.131	348.699°	2.50	-2.5
112	2100.000	113.975	92.397	659521.749	394692.743	348.699°	2.50	-2.5
113	2120.000	103.480	93.282	659525.668	394712.356	348.699°	2.50	-2.5
114	2140.000	96.346	94.166	659529.587	394731.968	348.699°	2.50	-2.5
115	2160.000	95.575	95.050	659533.507	394751.580	348.699°	2.50	-2.5
116	2180.000	96.132	95.935	659537.426	394771.192	348.699°	2.50	-2.5
117	2200.000	96.819	96.820	659541.345	394790.804	348.699°	2.50	-2.5
118	2220.000	98.820	97.817	659545.265	394810.417	348.699°	2.50	-2.5
119	2240.000	95.335	98.815	659549.184	394830.029	348.699°	2.50	-2.5
120	2260.000	96.534	99.813	659553.103	394849.641	348.699°	2.50	-2.5
121	2280.000	101.012	100.811	659557.023	394869.253	348.699°	2.50	-2.5
122	2300.000	105.997	101.809	659560.942	394888.866	348.699°	2.50	-2.5
123	2320.000	108.875	102.807	659564.861	394908.478	348.699°	2.50	-2.5
124	2340.000	111.050	103.806	659568.780	394928.090	348.699°	2.50	-2.5
125	2360.000	113.403	104.804	659572.700	394947.702	348.699°	2.50	-2.5
126	2380.000	115.516	105.802	659576.619	394967.314	348.699°	2.50	-2.5
127	2400.000	117.329	106.800	659580.538	394986.927	348.699°	2.50	-2.5
128	2420.000	121.320	107.798	659584.458	395006.539	348.699°	2.50	-2.5
129	2440.000	126.666	108.796	659588.377	395026.151	348.699°	2.50	-2.5
130	2460.000	126.432	109.794	659592.296	395045.763	348.699°	2.50	-2.5
131	2480.000	126.067	110.792	659596.216	395065.376	348.699°	2.50	-2.5
132	2493.129	125.880	111.447	659598.788	395078.250	348.699°	2.50	-2.5
133	2500.000	125.283	111.790	659600.201	395084.974	347.574°	2.50	-2.5
134	2520.000	119.663	112.788	659605.060	395104.372	344.300°	2.50	-2.5
135	2540.000	108.697	113.786	659611.019	395123.461	341.026°	2.50	-2.5
136	2560.000	95.201	114.785	659618.059	395142.178	337.752°	2.50	-2.5
137	2580.000	91.423	115.783	659626.155	395160.463	334.478°	2.50	-2.5
138	2600.000	100.559	116.781	659635.284	395178.255	331.204°	2.50	-2.5
139	2620.000	109.581	117.779	659645.413	395195.497	327.930°	2.50	-2.5
140	2640.000	117.024	118.777	659656.510	395212.133	324.656°	2.50	-2.5
141	2660.000	118.339	119.775	659668.540	395228.107	321.382°	2.50	-2.5
142	2680.000	118.060	120.773	659681.462	395243.369	318.108°	2.50	-2.5
143	2700.000	119.432	121.771	659695.235	395257.867	314.834°	2.50	-2.5
144	2720.000	121.966	122.769	659709.813	395271.555	311.560°	2.50	-2.5
145	2740.000	122.824	123.767	659725.149	395284.388	308.286°	2.50	-2.5
146	2760.000	124.766	124.791	659741.193	395296.325	305.011°	2.50	-2.5
147	2780.000	128.809	126.925	659757.893	395307.326	301.737°	2.50	-2.5
148	2800.000	133.458	129.085	659775.193	395317.355	298.463°	2.50	-2.5
149	2820.000	130.452	131.244	659793.038	395326.379	295.189°	2.50	-2.5
150	2840.000	117.782	133.404	659811.370	395334.370	291.915°	2.50	-2.5
151	2860.000	116.219	135.564	659830.128	395341.300	288.641°	2.50	-2.5
152	2862.069	116.190	135.787	659832.090	395341.956	288.303°	2.50	-2.5
153	2880.000	115.933	137.723	659849.114	395347.587	288.303°	2.50	-2.5
154	2900.000	117.920	139.883	659868.102	395353.868	288.303°	2.50	-2.5
155	2920.000	120.194	142.042	659887.090	395360.148	288.303°	2.50	-2.5
156	2940.000	123.639	144.202	659906.079	395366.429	288.303°	2.50	-2.5
157	2941.160	124.064	144.327	659907.179	395366.793	288.303°	2.50	-2.5
158	2960.000	129.399	146.362	659924.899	395373.188	291.387°	2.50	-2.5
159	2980.000	136.629	148.521	659943.303	395381.009	294.661°	2.50	-2.5
160	3000.000	145.630	150.637	659961.231	395389.869	297.935°	2.50	-2.5
161	3020.000	153.473	152.223	659978.623	395399.738	301.209°	2.50	-2.5
162	3040.000	155.000	153.143	659995.424	395410.584	304.483°	2.50	-2.5

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
163	3060.000	151.429	153.395	660011.577	395422.372	307.757°	2.50	-2.5
164	3080.000	145.097	152.981	660027.031	395435.063	311.031°	2.50	-2.5
165	3100.000	138.159	152.037	660041.735	395448.617	314.305°	2.50	-2.5
166	3120.000	131.613	151.049	660055.641	395462.987	317.579°	2.50	-2.5
167	3140.000	127.009	150.061	660068.703	395478.129	320.853°	2.50	-2.5
168	3160.000	131.184	149.073	660080.879	395493.992	324.127°	2.50	-2.5
169	3180.000	133.466	148.085	660092.130	395510.524	327.401°	2.50	-2.5
170	3200.000	134.067	147.098	660102.418	395527.672	330.675°	2.50	-2.5
171	3220.000	129.177	146.110	660111.709	395545.379	333.949°	2.50	-2.5
172	3240.000	123.318	145.122	660119.975	395563.589	337.223°	2.50	-2.5
173	3260.000	119.952	144.134	660127.186	395582.240	340.497°	2.50	-2.5
174	3280.000	118.974	143.146	660133.321	395601.273	343.772°	2.50	-2.5
175	3283.693	119.845	142.964	660134.335	395604.824	344.376°	2.50	-2.5
176	3300.000	122.666	142.159	660138.727	395620.529	344.376°	2.50	-2.5
177	3320.000	129.091	141.171	660144.113	395639.790	344.376°	2.50	-2.5
178	3340.000	134.400	140.183	660149.499	395659.051	344.376°	2.50	-2.5
179	3360.000	137.154	139.195	660154.886	395678.312	344.376°	2.50	-2.5
180	3380.000	132.647	138.207	660160.272	395697.573	344.376°	2.50	-2.5
181	3400.000	128.615	137.220	660165.659	395716.834	344.376°	2.50	-2.5
182	3420.000	122.747	136.232	660171.045	395736.095	344.376°	2.50	-2.5
183	3440.000	120.405	135.244	660176.432	395755.356	344.376°	2.50	-2.5
184	3460.000	124.472	134.256	660181.818	395774.617	344.376°	2.50	-2.5
185	3480.000	125.202	133.268	660187.205	395793.878	344.376°	2.50	-2.5
186	3500.000	125.629	132.281	660192.591	395813.139	344.376°	2.50	-2.5
187	3520.000	127.203	131.293	660197.978	395832.400	344.376°	2.50	-2.5
188	3540.000	126.538	130.305	660203.364	395851.661	344.376°	2.50	-2.5
189	3560.000	128.374	129.317	660208.751	395870.922	344.376°	2.50	-2.5
190	3564.563	129.092	129.092	660209.980	395875.317	344.376°	2.50	-2.5

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	209.066
D1	PENTE= -3.234 %	677.440		
			677.440	187.156
PR1	S= 645.0975 Z= 187.6786 R = -1000.00	45.119		
			722.560	184.678
D2	PENTE= -7.746 %	562.455		
			1285.014	141.109
PR2	S= 1257.9025 Z= 142.1595 R = -350.00	29.971		
			1314.986	137.504
D3	PENTE= -16.310 %	374.649		
			1689.634	76.401
PR3	S= 1705.9439 Z= 75.0711 R = 100.00	20.731		
			1710.366	75.169
D4	PENTE= 4.422 %	488.639		
			2199.005	96.775
PR4	S= 2183.5287 Z= 96.4327 R = 350.00	1.991		
			2200.995	96.869
D5	PENTE= 4.990 %	557.262		
			2758.258	124.679
PR5	S= 2755.2635 Z= 124.6039 R = 60.00	3.485		
			2761.742	124.954
D6	PENTE= 10.798 %	231.047		
			2992.789	149.902
PR6	S= 3057.5770 Z= 153.4001 R = -600.00	94.422		
			3087.211	152.668
D7	PENTE= -4.939 %	477.352		
			3564.563	129.092
LONGUEUR DE L'AXE 3564.563				

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	41.0	14.0	4.2	0.0	0.0
2	20.000	74.6	28.0	8.4	0.0	0.0
3	40.000					
4	60.000					
5	80.000					
6	100.000	79.2	28.0	8.4	0.0	0.0
7	120.000	80.5	28.0	8.4	0.0	0.0
8	140.000	82.0	28.0	8.4	0.0	0.0
9	160.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
10	180.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
11	200.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
12	220.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
13	240.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
14	260.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
15	280.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
16	300.000	58.3	19.9	6.0	0.0	0.0
17	308.390	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
18	320.000	64.9	22.1	6.6	0.0	0.0
19	340.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
20	360.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
21	380.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
22	400.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
23	420.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
24	440.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
25	460.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
26	480.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
27	500.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
28	520.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
29	540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
30	560.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
31	580.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
32	600.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
33	620.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
34	640.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
35	660.000	50.8	17.3	5.2	0.0	0.0
36	664.722	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
37	680.000	72.5	24.7	7.4	0.0	0.0
38	700.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
39	720.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
40	740.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
41	760.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
42	780.000	82.1	28.0	8.4	0.0	0.0
43	800.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
44	820.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
45	840.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
46	860.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
47	880.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
48	900.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
49	920.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
50	940.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
51	960.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
52	980.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
53	1000.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
54	1020.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:15 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
55	1040.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
56	1060.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
57	1080.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
58	1100.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
59	1120.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
60	1140.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
61	1160.000	75.4	28.0	8.4	0.0	0.0
62	1180.000	75.6	28.0	8.4	0.0	0.0
63	1200.000	76.0	28.0	8.4	0.0	0.0
64	1220.000	77.1	28.0	8.4	0.0	0.0
65	1240.000	77.4	28.0	8.4	0.0	0.0
66	1260.000	77.1	28.0	8.4	0.0	0.0
67	1280.000	76.6	28.0	8.4	0.0	0.0
68	1300.000	48.1	16.4	4.9	0.0	0.0
69	1303.419	41.0	14.0	4.2	0.0	0.0
70	1320.000	69.2	25.6	7.7	0.0	0.0
71	1340.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
72	1360.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
73	1380.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
74	1400.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
75	1420.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
76	1440.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
77	1460.000	76.8	26.2	7.9	0.0	0.0
78	1477.403	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
79	1480.000	46.4	15.8	4.7	0.0	0.0
80	1500.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
81	1520.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
82	1540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
83	1560.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
84	1580.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
85	1600.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
86	1620.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
87	1640.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
88	1660.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
89	1680.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
90	1700.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
91	1720.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
92	1740.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
93	1760.000	65.2	26.3	7.9	0.0	0.0
94	1777.600	34.7	14.0	4.2	0.0	0.0
95	1780.000	38.9	15.7	4.7	0.0	0.0
96	1800.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
97	1820.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
98	1840.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
99	1860.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
100	1880.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
101	1900.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
102	1920.000	64.6	26.1	7.8	0.0	0.0
103	1937.224	34.7	14.0	4.2	0.0	0.0
104	1940.000	39.5	15.9	4.8	0.0	0.0
105	1960.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
106	1980.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
107	2000.000	75.6	28.0	8.4	0.0	0.0
108	2020.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:15 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
109	2040.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
110	2060.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
111	2080.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
112	2100.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
113	2120.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
114	2140.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
115	2160.000	75.5	28.0	8.4	0.0	0.0
116	2180.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
117	2200.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
118	2220.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
119	2240.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
120	2260.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
121	2280.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
122	2300.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
123	2320.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
124	2340.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
125	2360.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
126	2380.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
127	2400.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
128	2420.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
129	2440.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
130	2460.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
131	2480.000	57.5	23.2	7.0	0.0	0.0
132	2493.129	34.7	14.0	4.2	0.0	0.0
133	2500.000	46.6	18.8	5.6	0.0	0.0
134	2520.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
135	2540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
136	2560.000	82.0	28.0	8.4	0.0	0.0
137	2580.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
138	2600.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
139	2620.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
140	2640.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
141	2660.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
142	2680.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
143	2700.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
144	2720.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
145	2740.000	78.8	28.0	8.4	0.0	0.0
146	2760.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
147	2780.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
148	2800.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
149	2820.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
150	2840.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
151	2860.000	45.3	15.4	4.6	0.0	0.0
152	2862.069	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
153	2880.000	77.7	26.6	8.0	0.0	0.0
154	2900.000	81.6	28.0	8.4	0.0	0.0
155	2920.000	81.4	28.0	8.4	0.0	0.0
156	2940.000	43.0	14.8	4.4	0.0	0.0
157	2941.160	40.6	14.0	4.2	0.0	0.0
158	2960.000	79.6	27.2	8.2	0.0	0.0
159	2980.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
160	3000.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
161	3020.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
162	3040.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:15 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
163	3060.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
164	3080.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
165	3100.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
166	3120.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
167	3140.000	81.5	28.0	8.4	0.0	0.0
168	3160.000	81.2	28.0	8.4	0.0	0.0
169	3180.000	81.5	28.0	8.4	0.0	0.0
170	3200.000	81.7	28.0	8.4	0.0	0.0
171	3220.000	81.8	28.0	8.4	0.0	0.0
172	3240.000	81.5	28.0	8.4	0.0	0.0
173	3260.000	81.4	28.0	8.4	0.0	0.0
174	3280.000	48.2	16.6	5.0	0.0	0.0
175	3283.693	40.7	14.0	4.2	0.0	0.0
176	3300.000	74.2	25.4	7.6	0.0	0.0
177	3320.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
178	3340.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
179	3360.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
180	3380.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
181	3400.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
182	3420.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
183	3440.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
184	3460.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
185	3480.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
186	3500.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
187	3520.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
188	3540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
189	3560.000	46.5	17.2	5.2	0.0	0.0
190	3564.563					
		13609	4903	1471	0	0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	15.6	24.5	0.0	0.0
2	20.000	2191.8	0.0	0.0	0.0
3	40.000				
4	60.000				
5	80.000				
6	100.000	17383.9	0.0	0.0	0.0
7	120.000	22830.6	0.0	0.0	0.0
8	140.000	28052.2	0.0	0.0	0.0
9	160.000	23388.8	0.0	0.0	0.0
10	180.000	16194.5	0.0	0.0	0.0
11	200.000	12904.4	0.0	0.0	0.0
12	220.000	11872.7	0.0	0.0	0.0
13	240.000	12887.5	0.0	0.0	0.0
14	260.000	12064.2	0.0	0.0	0.0
15	280.000	10829.4	0.0	0.0	0.0
16	300.000	5132.2	0.0	0.0	0.0
17	308.390	2833.9	0.0	0.0	0.0
18	320.000	2822.4	0.0	0.0	0.0
19	340.000	2181.3	0.0	0.0	0.0
20	360.000	4.5	269.1	0.0	0.0
21	380.000	0.0	1035.8	0.0	0.0
22	400.000	0.0	1304.3	0.0	0.0
23	420.000	626.4	0.0	0.0	0.0
24	440.000	3712.6	0.0	0.0	0.0
25	460.000	3026.3	0.0	0.0	0.0
26	480.000	1397.1	0.0	0.0	0.0
27	500.000	1535.9	0.0	0.0	0.0
28	520.000	1655.6	0.0	0.0	0.0
29	540.000	2662.7	0.0	0.0	0.0
30	560.000	4360.1	0.0	0.0	0.0
31	580.000	6799.7	0.0	0.0	0.0
32	600.000	8009.3	0.0	0.0	0.0
33	620.000	5659.1	0.0	0.0	0.0
34	640.000	3113.3	0.0	0.0	0.0
35	660.000	1075.0	0.0	0.0	0.0
36	664.722	793.9	0.0	0.0	0.0
37	680.000	646.1	0.0	0.0	0.0
38	700.000	4.1	287.0	0.0	0.0
39	720.000	0.0	309.6	0.0	0.0
40	740.000	0.0	679.6	0.0	0.0
41	760.000	0.0	1318.9	0.0	0.0
42	780.000	35.6	0.2	0.0	0.0
43	800.000	1680.3	0.0	0.0	0.0
44	820.000	3910.2	0.0	0.0	0.0
45	840.000	7117.5	0.0	0.0	0.0
46	860.000	11387.5	0.0	0.0	0.0
47	880.000	16269.9	0.0	0.0	0.0
48	900.000	15202.3	0.0	0.0	0.0
49	920.000	11255.3	0.0	0.0	0.0
50	940.000	6591.8	0.0	0.0	0.0
51	960.000	2491.7	0.0	0.0	0.0
52	980.000	61.7	34.2	0.0	0.0
53	1000.000	0.0	3163.3	0.0	0.0
54	1020.000	0.0	8380.0	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:25 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
55	1040.000	0.0	16024.6	0.0	0.0
56	1060.000	0.0	23389.4	0.0	0.0
57	1080.000	0.0	28505.4	0.0	0.0
58	1100.000	0.0	31212.5	0.0	0.0
59	1120.000	0.0	26832.4	0.0	0.0
60	1140.000	0.0	21378.0	0.0	0.0
61	1160.000	0.0	54505.2	0.0	0.0
62	1180.000	0.0	70339.8	0.0	0.0
63	1200.000	0.0	17814.6	0.0	0.0
64	1220.000	0.0	7185.3	0.0	0.0
65	1240.000	0.0	3798.1	0.0	0.0
66	1260.000	0.0	2627.4	0.0	0.0
67	1280.000	0.0	1238.7	0.0	0.0
68	1300.000	6.7	240.4	0.0	0.0
69	1303.419	14.8	173.9	0.0	0.0
70	1320.000	55.8	173.2	0.0	0.0
71	1340.000	520.5	0.0	0.0	0.0
72	1360.000	1681.5	0.0	0.0	0.0
73	1380.000	3757.3	0.0	0.0	0.0
74	1400.000	9474.3	0.0	0.0	0.0
75	1420.000	11264.6	0.0	0.0	0.0
76	1440.000	11569.0	0.0	0.0	0.0
77	1460.000	9077.0	0.0	0.0	0.0
78	1477.403	3322.4	0.0	0.0	0.0
79	1480.000	3524.1	0.0	0.0	0.0
80	1500.000	8444.4	0.0	0.0	0.0
81	1520.000	20018.8	0.0	0.0	0.0
82	1540.000	21505.3	0.0	0.0	0.0
83	1560.000	18291.4	0.0	0.0	0.0
84	1580.000	14728.5	0.0	0.0	0.0
85	1600.000	11200.5	0.0	0.0	0.0
86	1620.000	8542.9	0.0	0.0	0.0
87	1640.000	6164.9	0.0	0.0	0.0
88	1660.000	3983.0	0.0	0.0	0.0
89	1680.000	1833.6	0.0	0.0	0.0
90	1700.000	25.9	104.7	0.0	0.0
91	1720.000	0.0	4935.0	0.0	0.0
92	1740.000	0.0	10075.1	0.0	0.0
93	1760.000	0.0	16854.9	0.0	0.0
94	1777.600	0.0	11394.8	0.0	0.0
95	1780.000	0.0	13261.1	0.0	0.0
96	1800.000	0.0	25465.9	0.0	0.0
97	1820.000	0.0	25192.2	0.0	0.0
98	1840.000	0.0	22316.3	0.0	0.0
99	1860.000	0.0	14664.5	0.0	0.0
100	1880.000	0.0	11666.5	0.0	0.0
101	1900.000	0.0	12207.5	0.0	0.0
102	1920.000	0.0	11330.0	0.0	0.0
103	1937.224	0.0	6863.1	0.0	0.0
104	1940.000	0.0	8069.3	0.0	0.0
105	1960.000	0.0	20580.0	0.0	0.0
106	1980.000	0.0	24002.1	0.0	0.0
107	2000.000	0.0	24277.0	0.0	0.0
108	2020.000	0.0	25213.6	0.0	0.0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
109	2040.000	0.0	36469.5	0.0	0.0
110	2060.000	0.0	37750.4	0.0	0.0
111	2080.000	0.0	29282.3	0.0	0.0
112	2100.000	0.0	19780.5	0.0	0.0
113	2120.000	0.0	9931.1	0.0	0.0
114	2140.000	0.0	1336.3	0.0	0.0
115	2160.000	0.0	360.9	0.0	0.0
116	2180.000	29.5	345.8	0.0	0.0
117	2200.000	52.4	448.6	0.0	0.0
118	2220.000	25.2	793.2	0.0	0.0
119	2240.000	1696.4	0.0	0.0	0.0
120	2260.000	1350.9	0.0	0.0	0.0
121	2280.000	16.7	271.9	0.0	0.0
122	2300.000	0.0	2503.2	0.0	0.0
123	2320.000	0.0	3976.2	0.0	0.0
124	2340.000	0.0	4949.6	0.0	0.0
125	2360.000	0.0	6755.8	0.0	0.0
126	2380.000	0.0	8845.5	0.0	0.0
127	2400.000	0.0	8619.7	0.0	0.0
128	2420.000	0.0	12217.3	0.0	0.0
129	2440.000	0.0	15276.3	0.0	0.0
130	2460.000	0.0	14578.6	0.0	0.0
131	2480.000	0.0	11433.6	0.0	0.0
132	2493.129	0.0	6456.7	0.0	0.0
133	2500.000	0.0	7796.4	0.0	0.0
134	2520.000	0.0	3942.0	0.0	0.0
135	2540.000	2233.4	0.0	0.0	0.0
136	2560.000	16013.2	0.0	0.0	0.0
137	2580.000	22822.6	0.0	0.0	0.0
138	2600.000	12857.8	0.0	0.0	0.0
139	2620.000	3204.4	0.0	0.0	0.0
140	2640.000	431.9	0.0	0.0	0.0
141	2660.000	387.8	39.2	0.0	0.0
142	2680.000	698.1	0.0	0.0	0.0
143	2700.000	561.1	0.0	0.0	0.0
144	2720.000	188.4	82.7	0.0	0.0
145	2740.000	107.5	9.1	0.0	0.0
146	2760.000	1.3	268.2	0.0	0.0
147	2780.000	0.0	829.8	0.0	0.0
148	2800.000	0.0	2891.8	0.0	0.0
149	2820.000	41.5	0.0	0.0	0.0
150	2840.000	10629.8	0.0	0.0	0.0
151	2860.000	9509.6	0.0	0.0	0.0
152	2862.069	8923.2	0.0	0.0	0.0
153	2880.000	18112.1	0.0	0.0	0.0
154	2900.000	19730.4	0.0	0.0	0.0
155	2920.000	20035.2	0.0	0.0	0.0
156	2940.000	9795.2	0.0	0.0	0.0
157	2941.160	9356.8	0.0	0.0	0.0
158	2960.000	16411.9	0.0	0.0	0.0
159	2980.000	8300.9	0.0	0.0	0.0
160	3000.000	2065.2	0.0	0.0	0.0
161	3020.000	0.0	726.7	0.0	0.0
162	3040.000	0.0	697.5	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:25 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
163	3060.000	401.8	0.0	0.0	0.0
164	3080.000	3900.7	0.0	0.0	0.0
165	3100.000	9210.4	0.0	0.0	0.0
166	3120.000	16347.2	0.0	0.0	0.0
167	3140.000	20783.4	0.0	0.0	0.0
168	3160.000	16214.0	0.0	0.0	0.0
169	3180.000	12804.3	0.0	0.0	0.0
170	3200.000	11029.9	0.0	0.0	0.0
171	3220.000	14422.4	0.0	0.0	0.0
172	3240.000	19109.5	0.0	0.0	0.0
173	3260.000	21768.0	0.0	0.0	0.0
174	3280.000	13223.1	0.0	0.0	0.0
175	3283.693	10605.6	0.0	0.0	0.0
176	3300.000	15183.9	0.0	0.0	0.0
177	3320.000	8746.2	0.0	0.0	0.0
178	3340.000	2703.9	0.0	0.0	0.0
179	3360.000	1108.2	135.5	0.0	0.0
180	3380.000	2862.1	0.0	0.0	0.0
181	3400.000	5452.9	0.0	0.0	0.0
182	3420.000	10798.7	0.0	0.0	0.0
183	3440.000	14401.1	0.0	0.0	0.0
184	3460.000	6766.3	0.0	0.0	0.0
185	3480.000	6168.1	0.0	0.0	0.0
186	3500.000	5648.5	0.0	0.0	0.0
187	3520.000	3218.4	0.0	0.0	0.0
188	3540.000	1689.9	0.0	0.0	0.0
189	3560.000	170.1	82.1	0.0	0.0
190	3564.563				
		924008	860603	0	0

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	41.0	14.0	4.2	0.0	0.0
2	20.000	74.6	28.0	8.4	0.0	0.0
3	40.000					
4	60.000					
5	80.000					
6	100.000	79.2	28.0	8.4	0.0	0.0
7	120.000	80.5	28.0	8.4	0.0	0.0
8	140.000	82.0	28.0	8.4	0.0	0.0
9	160.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
10	180.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
11	200.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
12	220.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
13	240.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
14	260.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
15	280.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
16	300.000	58.3	19.9	6.0	0.0	0.0
17	308.390	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
18	320.000	64.9	22.1	6.6	0.0	0.0
19	340.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
20	360.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
21	380.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
22	400.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
23	420.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
24	440.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
25	460.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
26	480.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
27	500.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
28	520.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
29	540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
30	560.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
31	580.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
32	600.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
33	620.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
34	640.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
35	660.000	50.8	17.3	5.2	0.0	0.0
36	664.722	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
37	680.000	72.5	24.7	7.4	0.0	0.0
38	700.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
39	720.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
40	740.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
41	760.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
42	780.000	82.1	28.0	8.4	0.0	0.0
43	800.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
44	820.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
45	840.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
46	860.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
47	880.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
48	900.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
49	920.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
50	940.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
51	960.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
52	980.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
53	1000.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
54	1020.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:28 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
55	1040.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
56	1060.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
57	1080.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
58	1100.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
59	1120.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
60	1140.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
61	1160.000	75.4	28.0	8.4	0.0	0.0
62	1180.000	75.6	28.0	8.4	0.0	0.0
63	1200.000	76.0	28.0	8.4	0.0	0.0
64	1220.000	77.1	28.0	8.4	0.0	0.0
65	1240.000	77.4	28.0	8.4	0.0	0.0
66	1260.000	77.1	28.0	8.4	0.0	0.0
67	1280.000	76.6	28.0	8.4	0.0	0.0
68	1300.000	48.1	16.4	4.9	0.0	0.0
69	1303.419	41.0	14.0	4.2	0.0	0.0
70	1320.000	69.2	25.6	7.7	0.0	0.0
71	1340.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
72	1360.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
73	1380.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
74	1400.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
75	1420.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
76	1440.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
77	1460.000	76.8	26.2	7.9	0.0	0.0
78	1477.403	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
79	1480.000	46.4	15.8	4.7	0.0	0.0
80	1500.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
81	1520.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
82	1540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
83	1560.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
84	1580.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
85	1600.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
86	1620.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
87	1640.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
88	1660.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
89	1680.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
90	1700.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
91	1720.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
92	1740.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
93	1760.000	65.2	26.3	7.9	0.0	0.0
94	1777.600	34.7	14.0	4.2	0.0	0.0
95	1780.000	38.9	15.7	4.7	0.0	0.0
96	1800.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
97	1820.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
98	1840.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
99	1860.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
100	1880.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
101	1900.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
102	1920.000	64.6	26.1	7.8	0.0	0.0
103	1937.224	34.7	14.0	4.2	0.0	0.0
104	1940.000	39.5	15.9	4.8	0.0	0.0
105	1960.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
106	1980.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
107	2000.000	75.6	28.0	8.4	0.0	0.0
108	2020.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:28 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
109	2040.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
110	2060.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
111	2080.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
112	2100.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
113	2120.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
114	2140.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
115	2160.000	75.5	28.0	8.4	0.0	0.0
116	2180.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
117	2200.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
118	2220.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
119	2240.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
120	2260.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
121	2280.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
122	2300.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
123	2320.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
124	2340.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
125	2360.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
126	2380.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
127	2400.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
128	2420.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
129	2440.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
130	2460.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
131	2480.000	57.5	23.2	7.0	0.0	0.0
132	2493.129	34.7	14.0	4.2	0.0	0.0
133	2500.000	46.6	18.8	5.6	0.0	0.0
134	2520.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
135	2540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
136	2560.000	82.0	28.0	8.4	0.0	0.0
137	2580.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
138	2600.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
139	2620.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
140	2640.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
141	2660.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
142	2680.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
143	2700.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
144	2720.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
145	2740.000	78.8	28.0	8.4	0.0	0.0
146	2760.000	75.7	28.0	8.4	0.0	0.0
147	2780.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
148	2800.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
149	2820.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
150	2840.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
151	2860.000	45.3	15.4	4.6	0.0	0.0
152	2862.069	41.1	14.0	4.2	0.0	0.0
153	2880.000	77.7	26.6	8.0	0.0	0.0
154	2900.000	81.6	28.0	8.4	0.0	0.0
155	2920.000	81.4	28.0	8.4	0.0	0.0
156	2940.000	43.0	14.8	4.4	0.0	0.0
157	2941.160	40.6	14.0	4.2	0.0	0.0
158	2960.000	79.6	27.2	8.2	0.0	0.0
159	2980.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
160	3000.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
161	3020.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0
162	3040.000	69.4	28.0	8.4	0.0	0.0

Le 13/05/2015 à 14:28 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3713
 projet piste

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
163	3060.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
164	3080.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
165	3100.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
166	3120.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
167	3140.000	81.5	28.0	8.4	0.0	0.0
168	3160.000	81.2	28.0	8.4	0.0	0.0
169	3180.000	81.5	28.0	8.4	0.0	0.0
170	3200.000	81.7	28.0	8.4	0.0	0.0
171	3220.000	81.8	28.0	8.4	0.0	0.0
172	3240.000	81.5	28.0	8.4	0.0	0.0
173	3260.000	81.4	28.0	8.4	0.0	0.0
174	3280.000	48.2	16.6	5.0	0.0	0.0
175	3283.693	40.7	14.0	4.2	0.0	0.0
176	3300.000	74.2	25.4	7.6	0.0	0.0
177	3320.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
178	3340.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
179	3360.000	75.8	28.0	8.4	0.0	0.0
180	3380.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
181	3400.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
182	3420.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
183	3440.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
184	3460.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
185	3480.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
186	3500.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
187	3520.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
188	3540.000	82.2	28.0	8.4	0.0	0.0
189	3560.000	46.5	17.2	5.2	0.0	0.0
190	3564.563					
		13609	4903	1471	0	0