

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

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

Thème

ETUDE DE L'EVITEMENT DE LA VILLE
DE TIARET SUR 7.5 KM AVEC
CONCEPTION DE 02 CARREFOURS

ANNEXE

Encadré par :

Mr.SAIDANI ABDELKADER

Présenté par :

**KHIATI MOHAMED
BEGHALIA ABDELKADER**

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics-Garidi- Kouba

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Toute notre gratitude, grâce et remerciement vont à dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre encadreur Mr SAIDANI ABDELKADER pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Toute notre gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
Chapitre-I-PRESENTATION DE PROJET	02
1) Présentation de la ville de TIARET.....	02
2) Définition de l'évitement	03
3) Description du projet	03
4) Ojectif du projet	04
Chapitre-II- AVANT PROJET SOMMAIRE.....	05
1)Introduction	05
2)Localisation du fuseau retenu :.....	05
2.a) Description du couloir:.....	06
2.b) Présentation des variantes	08
3) Conclusion	11
Chapitre-III- ETUDE DE TRAFIC.....	12
1)Introduction	12
2) Analyse du trafic :.....	12
3) Différents type de trafic :.....	12
4) Modeles de presentation de trafic:.....	12
5) Calcul de la capacite:.....	14
6) Application au projet	16
Chapitre-IV- TRACE EN PLAN.....	19
1) Introduction	19
2) Regles a respecter dans le tracer en plan :.....	19
3) Les elements du trace en plan :.....	20
4) Combinaison des elements de trace en plan :.....	25
5) La vitesse de reference (de base) :.....	25
6) Parametres fondamentaux :	26
7) Calcul d'axe :	27
Chapitre-V- PROFIL EN LONG.....	31
1) Introduction	31
2) Règles à respecter dans le tracé du profil en long	31
3) Coordination du tracé en plan et profil en long	32
4) Déclivités	32
5) Raccordements en profil en long	33
6) Détermination pratique du profil en long :.....	35
7) exemple de calcul de profil en long :.....	38

Chapitre-VI-PROFIL EN TRAVERS	40
1) Introduction	40
2) Definition	40
3) Elements constitutifs de profil en travers	40
4) Le profil en travers type de la route:.....	41
Chapitre-VII-CUBATURE	42
1) Introduction	42
2) Methode de calcul	42
3) Aplicaton	43
Chapitre-VIII-ETUDE GEOTECHNIQUE	45
1)Introduction	45
2) Les objectifs principaux d'une étude géotechnique.....	45
3) Les différents essais en laboratoire	45
4) Les différents essais « in- situ ».....	51
5) Condition d'utilisation des sols en Remblais	52
Chapitre-IX- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	53
1) Introduction.....	53
2) La chaussée	53
3) Les différents facteurs de terminants pour le dimensionnement de la chaussée	56
4) Les principales méthodes de dimensionnement.....	57
5) Application au projet	59
6) Conclusion.....	66
Chapitre -X- ETUDE DE CARREFOUR	67
1) introduction.....	67
2) données utiles a l'aménagement d'un carrefour.....	68
3) principes généraux d'aménagement d'un carrefour	69
4) application au projet.....	71
Chapitre-XI- ASSAINISSEMENT	74
1) Introduction	74
2) Dispositions constructives.....	74
3) Définitions des termes hydraulique	75
4) Dimensionnement de réseau d'assainissement	76
5) Application du projet	79
Chapitre-XII- SIGNALISATION ET ECLAIRAGE	85
SIGNALISATION	
1) introduction.....	85
2) dispositifs retenue	85
3) les types de signalisation	85
4) application au projet	88

ECLAIRAGE

1) Introduction.....	90
2) Paramètre de l'implantation des luminaires.....	90
3) Application au projet.....	91

Chapitre-XIII-DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	93
---	-----------

Conclusion générale	94
----------------------------------	-----------

Les Annexe

Bibliographie

INTRODUCTION GENERALE

A La fin de chaque cycle de formation, l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP), prévoit dans son programme du deuxième semestre de la cinquième année un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois environ dans les services du ministère des travaux publics.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :
compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
s'intégrer au monde du travail.
connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

De ce fait l'élève ingénieur est appelé à fournir beaucoup d'effort, faire des observations; des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que la direction des travaux publics de Tiaret nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste en :

L'Etude de l'évitement de la ville de tiaret sur 7.5 km. Avec conception de deux (02) carrefours.

Le projet consiste à contourner la ville de Tiaret, située entre (RN23)et(RN14)reliant la ville de Tiaret à celle d'laghouat et tissmsilet

Les avantages qui découlent de notre projet sont de deux ordres à savoir:

Les avantages directs : qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

Les avantages indirects : qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

Notre étude consiste à faire

la Phase d'avant projet sommaire (**APS**).

la Phase d'avant projet détailler (**APD**).

1) Présentation de la ville de TIARET:

La wilaya de **TIARET** s'étale sur une superficie de 200505 km², composée de 14 Daïra et 42 Communes. Pour une population de près de 839 417 habitants selon les recensements de 2008.

La wilaya de TIARET se situe à 300 Km d'ALGER, au centre ouest de la région des hauts plateaux, elle côtoie au nord la wilaya de TESSEMSILT, à l'ouest celle de Ghilizane, MASCARA, puis SAIDA et au sud celle d'EL-BAYAD et LAGHOUAT et enfin à l'est la wilaya de DJELFA.

Elle se caractérise par un relief plat à vallonné.

La ville de tiaret est desservie par des axes routiers importants à savoir :

- Vers le Sud la **RN 23** (point de départ de l'évitement).
- Vers l'Est le **CW 07** vers la localité de Ain bouchekif.
- Vers l'Ouest la **RN 23** vers la wilaya de Ghilizane.
- Vers le Nord la **RN14** (point de raccordement de l'évitement).



Figure.1. Vue aérienne de la ville de TIARET.

2) Définition de l'évitement :

Un évitement est un contournement autour d'une agglomération pour dévier un pourcentage du trafic qui transite par cette dernière.

3) Description du projet :

L'étude traite un nouveau tracé qui est implanté dans un environnement vallonné avec une moyenne sinuosité.

A cet effet et pour respecté les normes de l'étude, et notamment les normes du profil en long, on a effectué des terrassements importants .

Notre projet prend son départ de la localité est de **TIARET**.

Au départ le tracé de notre pénétrante projeté dans un couloire occupé par la présence de RN23 jusqu'au carrefour RN14, sa présence impose de prendre sa position dans une plusieurs endroits, donc la solution adopté consiste une nouvelle tracé (de PK7+165 au PK14+632). Il croise la CW7 au PK10+870, Où on a prévu un carrefour giratoire.

Le tracé de la pénétrante passe ensuite de site vierge, pour éviter l'agglomération de **TIARET**, dans cet itinéraire nous avons traversé des terrains agricoles jusqu'au l'intersection avec le carrefour RN14 au PK14+632.

Le tracé global de Notre pénétrante indique qu'il aura plusieurs écoulements traversé, et parmi les écoulements les plus importants on site l'exemple d'Oued au PK14+455 qu'il sera franchi par buse de diamètre 1000mm.



Figure.1.site de projet

4) Objectif du projet :

L'objectif principal de notre projet est de créer un évitement assurant le transfert d'une partie du trafic de la RN14 transitant par la ville de tiaret et ce afin, d'atténuer les problèmes cités plus haut que connaît cette ville.

Cet objectif sera défini comme suite:

- Décongestionner le trafic surtout au niveaux de ville.
- Réduire le temps de parcours.
- Assurer la régularité dans les déplacements des usagers.
- Réduire le nombre d'accidents.
- Améliorer le cadre de vie des citoyens.

1) Introduction:

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

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

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

Enfin, après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer **la phase APD**.

2) Localisation du fuseau retenu :

En fonction des enjeux économiques et le développement de la wilaya, l'expansion du développement de la ville de Tiaret s'étant effectué vers l'Est, les possibilités d'entrevoir des couloirs possibles sont limitées.

Donc, le positionnement de cette ville par rapport au réseau routier, (notre projet entre RN23 et RN14), nous oblige à avoir recours au choix d'un seul couloir (voir schéma synoptique figure N°1).

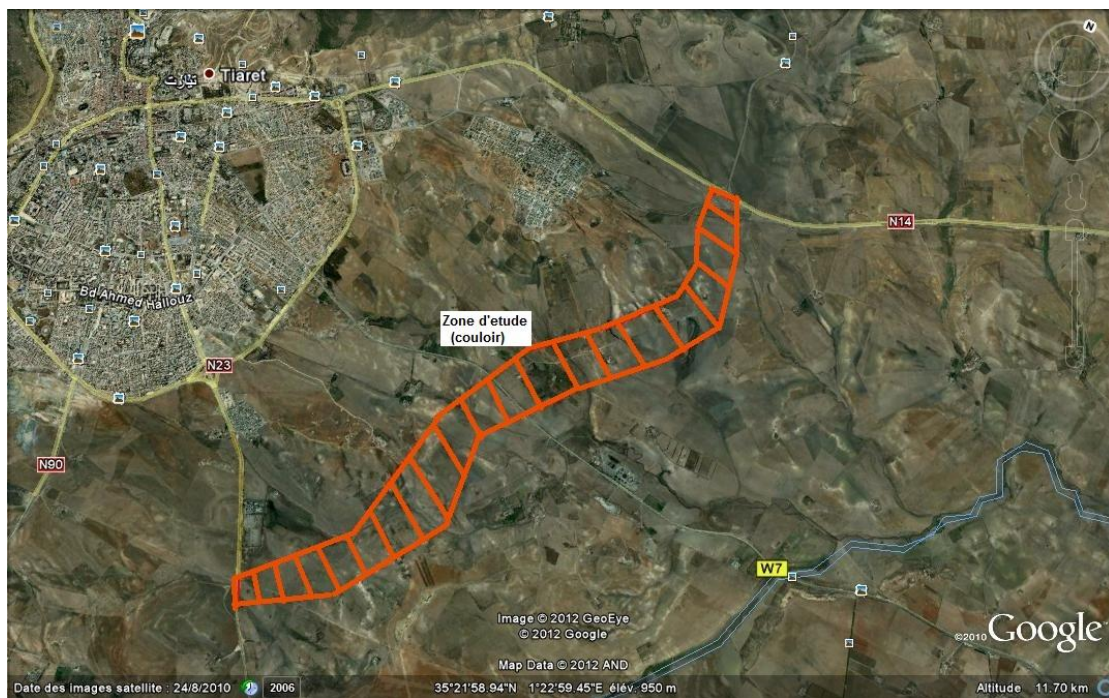


Figure -1- schéma synoptique représentant le fuseau retenu

2.a)Description du couloir:

Le couloir choisi passe du côté Est de la ville de Tiaret à une largeur variant entre 150 m et 300 m, il franchit successivement les obstacles suivants :

- Les routes nationales et chemins de wilaya sur le long du tracé
- Les lignes électriques.
- Généralement la zone concernée par le projet est une zone agricole.



RN 23



CW 07



les terrains de couloir

2.b) Présentation des variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux (02) variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

1^{er} VARIANTE :

L'origine de la **première variante** est la jonction avec la RN23 au PK 131+400 au Sud de la ville, C'est la variante la plus proche de la ville et la plus courte, elle traverse un terrain vallonné, en franchissant successivement les lignes électriques puis le CW7 et en rejoignant finalement la RN14 au Est de Tiaret au PK154+600.



2^{ème} VARIANTE :

Pour la **deuxième variante**, elle a presque la même trajectoire et franchit les mêmes obstacles que la première.



➤ Comparaison entre les variantes :

Eléments du choix de la variante	Unités	Variante I	Variante II	Comparaison	
				V I	V II
Longueur totale de l'itinéraire	m	7467.96	7487.88	+	-
Longueurtotale de l'alignement droit	m	5357.604	4298.844	+	-
Longueur totale des parties courbes	m	2110.361	2478.635	+	-
Rayon minimale en plan	m	500	400	+	-
Rayon maximale en plan	m	2000	2000	+	+
Nombre de virage en plan	Unité	9	11	+	-
Divers maximale	%	3.29	5	+	-
Nombre d'angle saillant	Unité	4	7	+	-
Nombre d'angle rentrant	Unité	6	11	+	-
Rayon verticale minimale	m	5000	3000	+	-
Rayon verticale maximale	m	30000	25000	+	-
Déclivité maximale	%	2.37	2.36	-	+
Volume de déblai	m ³	193058	80092.166	-	+
Volume de remblai	m ³	185287	233179.785	+	-
				12	3

Tableau -1- La comparaison entre les deux variantes

3) Conclusion :

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

Avec comparaisons deux variante par multicritères et géométriquement on observe

La **variante 1** est plus confort et plus économique par rapport la **variante 2**,

donc la **variante 1** c'est la meilleur variante, c'est la variante retenue.

1) Introduction:

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et aussi le type d'aménagement à réaliser.

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routière, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donnée sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

2) 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 statique générale.
- Le comptage sur route (manuel et automatique).
- Une enquête de circulation.

3) Différents type de trafic :

On distingue quatre types de trafic:

3.a) Trafic normal:

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

3.b) Trafic induit:

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

3.c) Trafic dévié:

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagé. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

3.d) Trafic total:

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

4) Modeles de presentation de 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 les paramètres économiques.

- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

4.a) Prolongation de l'évolution passée:

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera:

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Où :

T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : est le taux de croissance.

4.b) 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.

4.c) 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.

4.d) 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.

Remarque:

Pour notre cas, nous utilisons la méthode « **prolongation de l'évolution passée** » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

5) Calcul de la capacité:

On définit la capacité de la route par le nombre maximale 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.

5.a) Trafic à un horizon donné:

Du fait de la croissance annuelle du trafic.

$$TJMA_n = TJMA_0 (1+\tau)^n$$

Tel que:

- **TJMA_n** : trafic journalier moyen à l'année n.
- **TJMA₀** : trafic journalier moyen à l'année 0.
- **τ** : taux d'accroissement annuel.
- **n** : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

5.b) Trafic effectif:

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

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

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 poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Tableau 1 : Coefficient d'équivalence « **P** »

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

5.c) Evaluation de la demande:

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

$$Q = 0.12 T_{\text{eff}} \quad (\text{UVP/h})$$

5.d) Evaluation de l'offre:

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

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

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique.

K₁ : coefficient qui dépend de l'environnement.

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

Tableau 2 : Coefficient « K₁ ».

environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 3 : Coefficient « K₂ »

	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 4 : capacité théorique « C_{th} »

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

5.e) Calcul du nombre de voies :

- Chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q \leq Q_{\text{adm}}$$

- Chaussée unidirectionnelle :

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

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

Tel que :

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

C_{adm} : débit admissible par voie.

6) Application au projet :

Les données de trafic :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la **D.T.P.** nous avons :

TJMA₂₀₁₁ = 7032 v/j

Année de mise en service : 2013

Le pourcentage des poids lourds : Z = 40%.

Taux de croissance annuelle de trafic : τ = 4%

La durée de vie : 20ans.

Dimensionnement de l'évitement :

On à :

- P=4 (route à bonne caractéristique, Environnement E2).
- K1=0,85 (Environnement E2).
- K2=0,99 (E2, C2).
- C_{th} = 1800 uvp/h (route à chaussées séparées).

❖ Traffic à l'année de mise en service 2013:

TJMA₂₀₁₃ = (1+τ)ⁿ TJMA₂₀₁₁

TJMA₂₀₁₃ = (1+0,04)² × 7032

$$TJMA_{2013} = 7606 \text{ v/j/s}$$

❖ Trafics à l'année 2033 :

$$TJMA_{2033} = (1+\tau)^n TMA_{2013}$$

$$TJMA_{2033} = (1+0,04)^{20} \times 7606$$

$$TJMA_{2033} = 16666 \text{ v/j/s}$$

❖ Trafics effectif :

$$T_{\text{eff}(2033)} = [(1-Z) + PZ].TJMA_{2033}$$

$$T_{\text{eff}(2033)} = [(1 - 0.4) + 4 \times 0.4] 16666$$

$$T_{\text{eff}(2033)} = 36666 \text{ uvp /j}$$

❖ Capacité prévisible :

$$Q_{2033} = 0,12 \times T_{\text{eff}(2033)}$$

$$Q_{2033} = 0,12 \times 36666$$

$$Q_{2033} = 4400 \text{ uvp/h}$$

❖ Capacité admissible :

$$Q_{\text{adm}} = K1 . K2 . C_{\text{th}}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0.85 \times 0.99 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1515 \text{ uvp/h}$$

❖ Nombre de voie :

On à :

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

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{4400}{1515} = 1.94$$

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

Donc selon la norme de **B40**, notre L'évitement sera unidirectionnelle et de 2×2 voies de circulation de **3.5m** de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de **2m** et un berm de **0.5m** de chaque coté avec un terre plain centrale de largeur de 2m.

❖ **L'année de saturation 2×2 voies :**

$$T_{eff2013} = [(1 - 0.4) + 4 \times 0.4] \times 7606$$

$$T_{eff\ 2013} = 16733 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 16733 = 2008 \text{ uvp/h.}$$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1515 = 6060 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n Q_{2013} \Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{saturation} / Q_{2013})}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{6060}{2008})}{\ln(1 + 0.04)} = 28.16 \approx 28 \text{ ans}$$

Donc :

n = 28ans

Tableau : Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₁₃ (v/j)	TJMA ₂₀₃₃ (v/j)	T _{eff2033} (uvp/j)	Q ₂₀₃₃ (uvp/h)	N
7606	16666	36666	4400	2

1) Introduction :

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.

Le tracé en plan représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont donnés directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

2) Regles a respecter dans le tracer en plan :

Le tracé en plan doit assurer aux usagers de la route un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les normes de conception géométriques de tracé et de directives opérationnelles on été développées à partir des normes et de directives routières et autoroutières en usage en Algérie plus particulièrement les normes techniques d'aménagement des routes « B40 ».

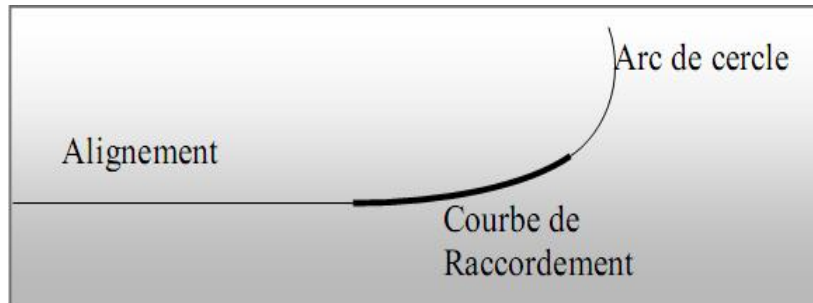
Pour complément ou modification éventuelle, elles ont été comparées aux normes « ICTAAL » sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.

Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- L'adoption de rayon minimal absolu est à éviter dans la mesure du possible. En règle générale, en adopte, si cela n'augmente pas le cout de façon trop sensible des valeurs de rayon supérieur ou égale au rayon minimum normal.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importantes.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter le maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds en minimisant au maximum le nombre d'ouvrages d'art et cela pour des réseaux économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de trace.

3) Les elements du trace en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercle come il est schématisé ci-dessous :



3-a) les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement $L_{\min}$ qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires seront raccordées par une courbe en C ou Ove.

La longueur maximale $L_{\max}$ est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes

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

Et

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

avec (V en (m/s))

3.b) arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

3. b.1) stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à la force centrifuge, afin de réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules.

3. b.2) rayon horizontal minimal absolu :

Ainsi pour chaque V_r on définit une série de couple (r, d).

$$RHm = \frac{Vr^2}{127(f_t + d_{max})}$$

3. b.3) Rayon minimal normal :

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

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant « Vr » de 20 km/h de roulés en sécurité.

3.b.4) Rayon au dévers minimal :

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

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$.

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times 0.035}$$

3. b.5) Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \times 0.035}$$

Pour la catégorie 1-2

$$RHnd = \frac{(Vr + 20)^2}{127(f' + d_{max})}$$

Pour la catégorie 3-4-5 avec $f' = 0.07$ caté 3

$f' = 0.075$ catégorie 4-5

3. b.6) Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon $\geq$ à RHN.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

Si $RH_m < R < RH_N$:

$$d = d_{\max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m} \right) \times \frac{d_{\max} - d_{RH_N}}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RH_N}}$$

Si $RH_N < R < RH_d$

$$d = d_{\min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d} \right) \times \frac{d_{\min} - d_{RH_N}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_N}}$$

Les rayons compris entre RH_d et RH_N sont en dévers minimal $d_{\min}$.

- Les rayons supérieurs à RH_N peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon RH_m doit être encadré par des RH_N .

Remarque :

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

3.b. 7) Sur largeur :

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

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

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10$ m).

R : rayon de l'axe de la route.

3. c) Les raccordements progressifs « CLOTHOÏDE » :

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

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

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurée ce confort.

Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

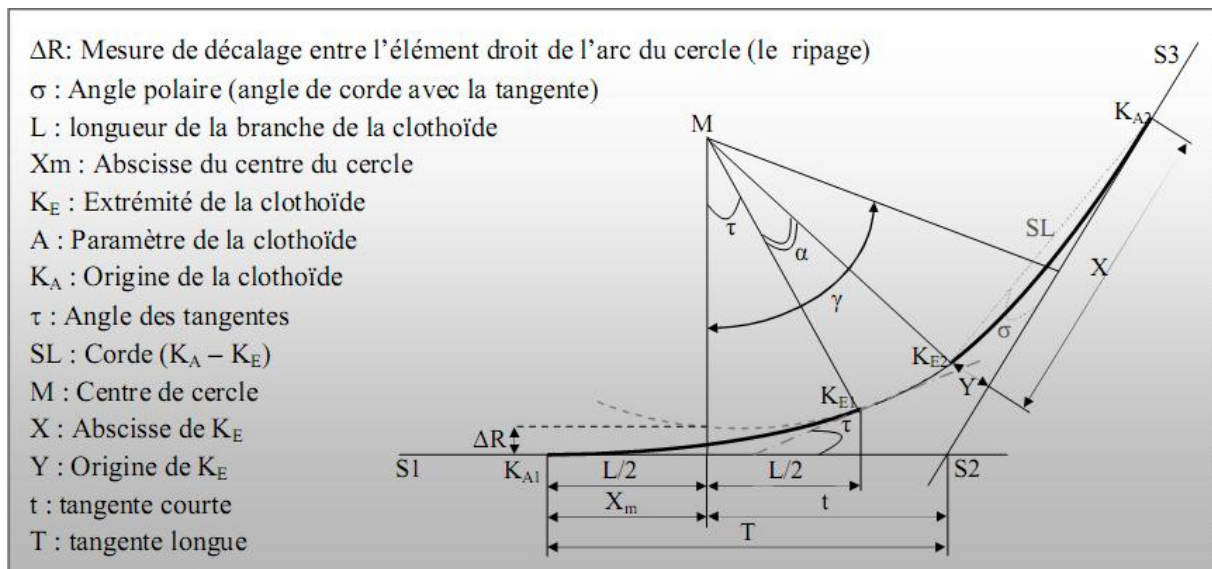
3.c.1) expression de la clothoïde :

La courbe est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L(ou longueur de la clothoïde). $\Rightarrow K = C \cdot k = \frac{1}{R} \cdot L \cdot R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C \cdot L$

On pose : $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow$

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

C'est-à-dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

3.c.2) les éléments de la clothoïde :**3. c.3) les conditions de raccordement :**

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

➤ **condition 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.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rad}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5) d'où $L = (24R \Delta R)^{1/2}$

Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

Pour $R < 5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7.75R^{1/2}$

➤ **Condition de confort dynamique :**

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

La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{V_B^2}{R} g \cdot \Delta d)$ ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2 V_B$ avec une gravitation $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ on opte :

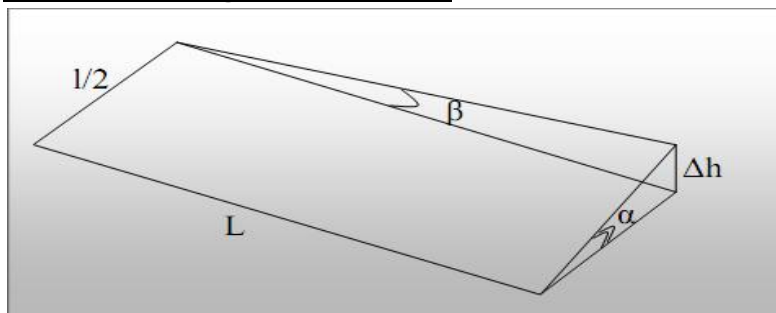
$$L \geq 1 + \frac{V_B^2}{18} \times \left(\frac{V_B^2}{127R} - \Delta d \right)$$

V_B : vitesse de base (Km/h)

R : rayon (m)

Δd : la variation de dévers ($\Delta d = d_{\text{final}} - i_{\text{initial}}$) 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 cette effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte $\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$

Nous avons :

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

l : largeur de la chaussée

4) Combinaison des elements de trace en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

4.a) Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle

4.b) Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

4.c) Courbe en Ovale:

Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

4.d) Courbe en C :

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.

5) La vitesse de reference (de base) :

La vitesse de référence (V_r) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers

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 (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

5.a) Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

5.b) Vitesse de projet:

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales:

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible;
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

6) Parametres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C2, dans un environnement E2, avec une vitesse de base $V_B = 80 \text{ Km/h}$.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes B40 et ICTAAL.

paramètres	symboles	valeurs	unités
Vitesse	V	80	km/h
Longueur minimale	$L_{\min}$	112	m
Longueur maximale	$L_{\max}$	1333	m
Devers minimal	$d_{\min}$	2.5	%
Devers maximal	$d_{\max}$	7	%
Temps de perception réaction	t_1	2	S
Frottement longitudinal	f_L	0.39	
Frottement transversal	f_t	0.14	
Distance de freinage	d_0	65	m
Distance d'arrêt	d_1	109	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d_m	320	m
Distance de visibilité de dépassement normale	d_N	480	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d_{Md}	200	m
RHm (7%)	RHm	250	m
RHN (5%)	RHN	450	m
RHd (2.5%)	RHd	1000	m
RHnd (-2.5%)	RHnd	1400	m

D'après tout ce qui précède les éléments utilisés dans notre projet sont comme suite :

✓ Les rayons:

Rayon (m)	nombre	devers associe (%)
2000	1	2.5
1500	2	2.5
1400	4	2.5
500	2	4.5

✓ Les alignements max et min de notre trace en plan:

$$L_{\max} = 880.584 \text{ m} < L_{\max}(B40).$$

$$L_{\min} = 193.491 \text{ m} > L_{\min}(B40).$$

- ✓ Le pourcentage de la longueur des alignements est de 54.99% entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

7) Calcul d'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:

- Calcul de gisements.
- Calcul de l'angle γ entre alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde SL.
- Calcul de l'angle polaire σ .
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- calcul de kilométrage des points particuliers.

❖ Exemple de calcul :

Courbe avec Clothoïde :

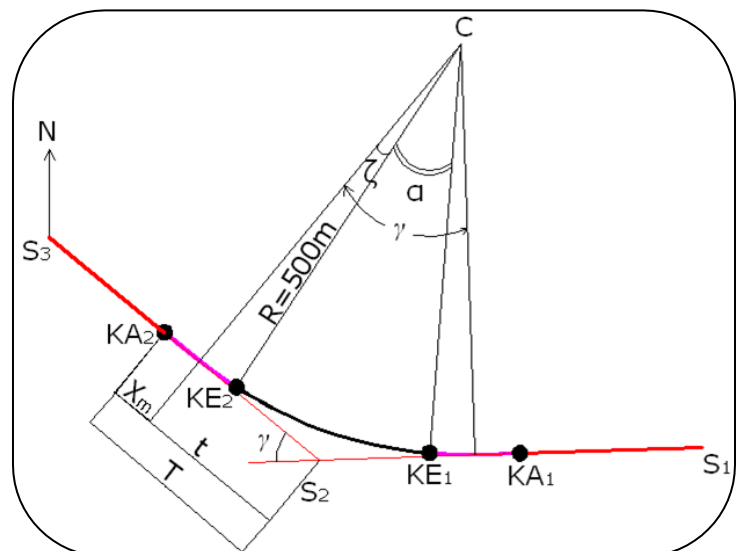
Liaison 8 :

$$\left\{ \begin{array}{l} R=500\text{m} \\ D=4.5\% \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} XS1 = 11960.3548 \text{ (m)} \\ YS1 = 2733.9688 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} XS2 = 12546.6014 \text{ (m)} \\ YS2 = 3073.7413 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} XS3 = 13498.6471 \text{ (m)} \\ YS3 = 3074.2018 \text{ (m)} \end{array} \right.$$



Calcul du paramètre A :

$$A^2 = L \times R.$$

On sait que :

Détermination de L :

Condition de confort optique :

$$R/3 \leq A_{\min} \leq R \quad \text{d'où : } 167 \leq A_{\min} \leq 500$$

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{comme : } R=500\text{m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R=1$$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} = 109.54 \text{ m} \longrightarrow 1$$

Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$$L \geq 5/36 \times \Delta d \times V_B$$

$$\Delta d = d - (-2.5\%) = 4.5 - (-2.5) = 7 \%$$

$$L \geq 5/36 \times 7 \times 80 = 77.77 \text{ m} \longrightarrow 2$$

De 1 et 2 on aura $L \geq 110 \text{ m}$

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 234.52$$

Calcul de ΔR :

$$\text{On prend } A = 257 \Rightarrow L = A^2/R = (257)^2/500 = 133 \text{ m.}$$

$$\Delta R = L^2/24R = 1.474 \text{ m.}$$

$$L/R = 133/500 = 0.266$$

A partir des tables des Clothoïde ligne 414, on tire les valeurs suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta R/R = 0.00299055 \Rightarrow \Delta R = 1.495275\text{m} \\ X_m/R = 0.133899 \Rightarrow X_m = 66.9495\text{m} \\ X/R = 0.267478 \Rightarrow X = 133.739\text{m} \\ Y/R = 0.011952 \Rightarrow Y = 5.976\text{m} \end{array} \right.$$

$$\text{La corde polaire } S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = 133.87\text{m}$$

$$\text{L'angle polaire } \delta = \arctg(Y/X) = 2.8427 \text{ g}$$

Calcul Des Gisements :

$$G_{S2}^{S1} = 100 - \arctg(\Delta Y / \Delta X) = \arctg(339.7725/586.2466) = 66.57^\circ$$

$$G_{S3}^{S2} = 100 - \arctg(\Delta Y / \Delta X) = 100 - \arctg(0.4605/952.0457) = 99.97^\circ$$

Calcul Des distances :

$$\begin{cases} D_{S1-S2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 677.59\text{m} \\ D_{S2-S3} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 952.04\text{m} \end{cases}$$

Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = G_{S3}^{S2} - G_{S2}^{S1} = 33.4^\circ$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = 200 \times L / 2R \pi = 200 \times 133 / 2 \times 500 \times 3.14 = 8.004^\circ$$

Vérification de non chevauchement:

$$\begin{cases} \tau = 8.004^\circ \\ \gamma/2 = 33.4/2 = 16.7^\circ \end{cases}$$

D'où : $\tau < \gamma/2$ (pas de chevauchement).

Calcul de la longueur de l'arc du cercle :

$$L = R(\gamma - 2\tau) \times \pi / 200 = 500(33.4 - 2 \times 8.004) \times 3.14 / 200 = 136.52\text{m}.$$

Calcul des coordonnées du début de la Clothoïde :

$$T = X_m + t$$

$$t = (R + \Delta R) \times \tg(\gamma/2) = (500 + 1.495275) \times \tg(16.7) = 134.65\text{m}$$

$$T = 66.9495 + 134.65 = 201.599\text{m}$$

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} - T \times \sin G_{S2}^{S1} = 12546.6014 - 201.599 \times \sin(66.57) = 12372.164\text{m} \\ Y_{KA1} = Y_{S2} - T \times \cos G_{S2}^{S1} = 3073.7413 - 201.599 \times \cos(66.57) = 2972.676\text{m} \end{cases}$$

$$G_{KA1}^{KE1} = G_{S2}^{S1} + \delta = 66.57 + 2.8427 = 69.4127^\circ$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \cos(G_{KA1}^{KE1} - 100) = 12372.164 + 133.87 \times \cos(30.5873) = 12490.8773\text{m} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \sin(G_{KA1}^{KE1} - 100) = 2972.676 + 133.87 \times \sin(30.5873) = 3034.5495\text{m} \end{cases}$$

Calcul des coordonnées de la fin de la Clothoïde :

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \cos (G_{S3}^{S2} - 100) = 12546.6014 + 201.599 \times \cos (-0.03) = 12748.2003 \text{ m} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \sin (G_{S3}^{S2} - 100) = 3073.7413 + 201.599 \times \sin (-0.03) = 3073.6463 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{KA2}^{KE2} = G_{S3}^{S2} - \delta = 299.97 - 2.8427 = 297.1273 \text{ g}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \cos (300 - G_{KA2}^{KE2}) = 12748.2003 - 133.87 \times \cos (2.87) = 12614.4662 \text{ m} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \sin (300 - G_{KA2}^{KE2}) = 3073.6463 - 133.87 \times \sin (2.87) = 3067.6132 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe

1) Introduction :

Le profil en long est une coupe transversale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle (n'est pas une projection horizontale).

Dans le cas des autoroutes, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu de la terre plein (axe de référence). Le niveau de l'autoroute en cet endroit est la moyenne entre les niveaux des bords intérieurs des chaussées. Si les deux chaussées ne sont pas symétriques, on considérera chacune d'elles indépendamment avec son propre profil en long, placé au milieu de chaque chaussée.

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 singularités.

2) Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte –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.
- Éviter 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 les volumes des déblais.
- Éviter 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 des certaines règles notamment.
- Éviter 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) Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

- Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :
- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
- $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

4) Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente !) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

4.a) Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

4.b) Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ($I_{\text{max}} = 6\%$) dans le franchissement de la côtière.

Nota :

Selon le B-40 on a :

$V_r(\text{km/h})$	40	60	80	100	120	140
$I_{\max}$	8	7	6	5	4	4

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

5) Raccordements en profil en long :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

Et on distingue deux types de raccordements :

5.a) Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- condition de confort.
- condition de visibilité.

❖ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / R_v < g / 40 \text{ avec } g = 10 \text{ m /s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

D'où :

$$R_v \geq 0,3 V^2$$

(Cat 1-2)

$$R_v \geq 0,23 V^2$$

(Cat 3-4-5)

Dans notre cas $R_{v \min} = 0.3 V_r^2$

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h).

❖ Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut que lorsque deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})} \approx 0.27 D^2$$

d : Distance de visibilité nécessaire (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r = 80 \text{ km/h}$ et pour la catégorie 2 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2500
Min- normal	R_{vN}	6000
dépassement	R_{vd}	11000

5.b) Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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

Pour une vitesse $V_B = 80 \text{ Km/h}$ et catégorie 2 on a le tableau suivant :

Rayon	symbole	Valeur
Mini-absolu	R'_{vm}	3000
Mini-normal	R'_{vn}	4200

6) Détermination pratique du profil en long :

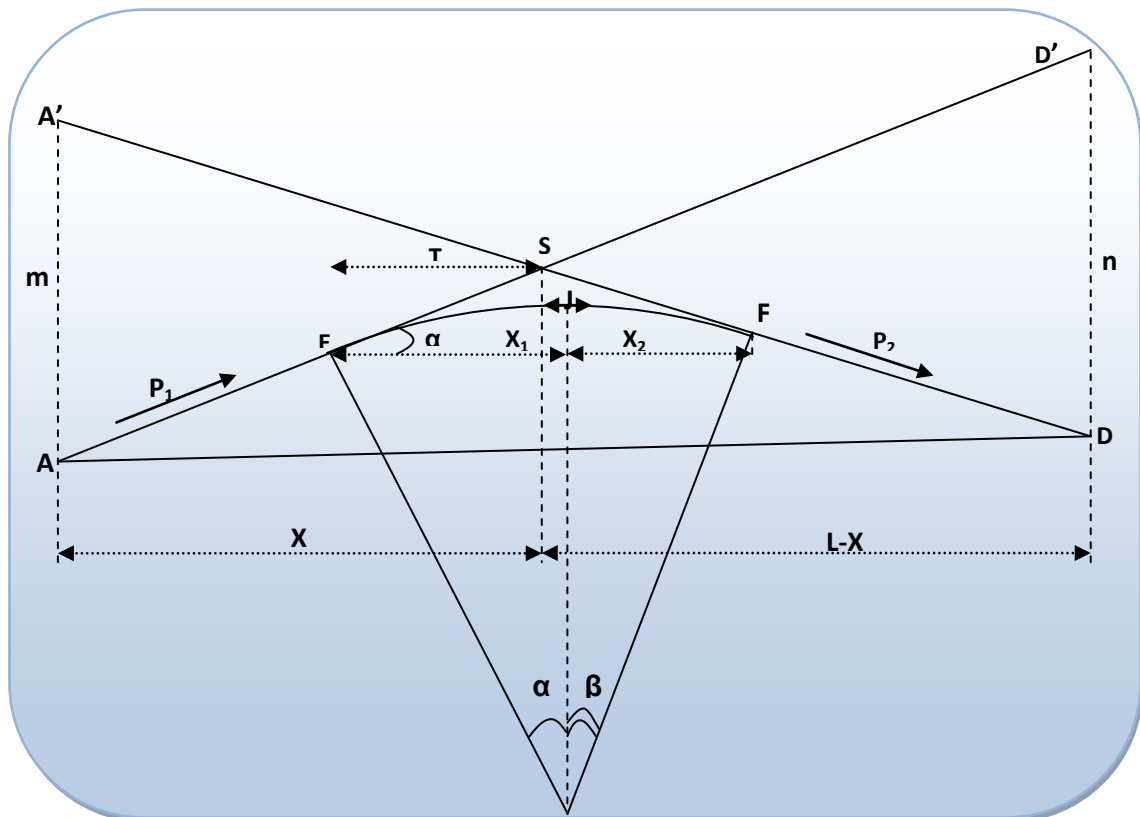
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2 RY = 0.$$

$$\text{À l'équation de la parabole } X^2 - 2 RY = 0 \quad \Rightarrow \quad Y = \frac{x^2}{2R}$$

Pratiquement, le calcul des raccords se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.



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

On a:

$$Z_{D'} = Z_A + L.P_2, \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{A'} = Z_D + L.P_1, \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

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

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

$$S \begin{cases} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + Z_A \end{cases}$$

❖ Calcul de la tangente :

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

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

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

$$E \begin{cases} X_E = x_S - T \\ Z_F = z_S + T.P_2 \end{cases} \quad F \begin{cases} X_F = x_S + T \\ Z_F = z_S + T.P_2 \end{cases}$$

❖ Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

❖ Calcul de la flèche :

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

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

$$M \begin{cases} H_x = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X.P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{cases}$$

❖ **Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :**

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

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

$$\text{Avec : } \begin{cases} X_1 = R \cdot P_1 \\ X_2 = R \cdot P_2 \end{cases}$$

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

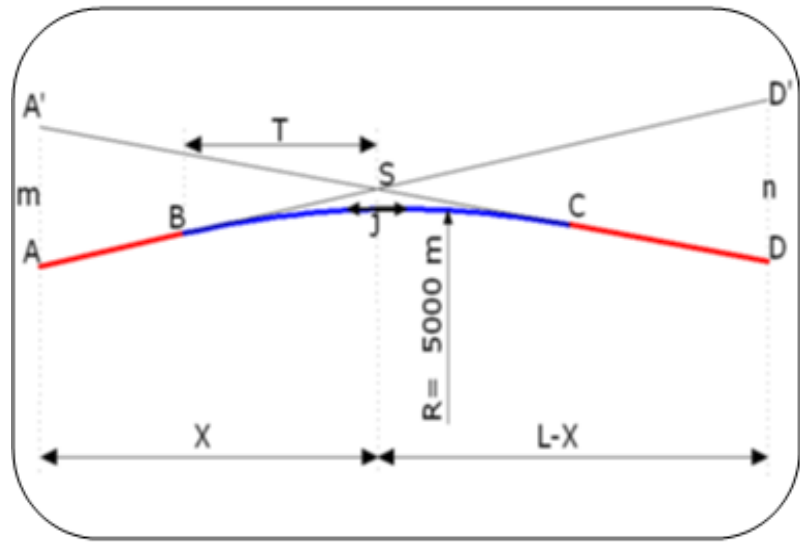
D'après tous qui est précède les éléments utilisés dans notre projet sont comme suite :

❖ **Les rayons verticaux :**

Rv (m)	Nombre
30000	2
15000	3
8000	2
5000	3

7) Exemple de calcul de profil en long :

➤ Cas d'un Raccordements convexes :



❖ Calcul des pentes :

$$R=5000 \text{ m}$$

$$A : \begin{cases} S_A = 3405.344 \text{ m} \\ Z_A = 1002.334 \text{ m} \end{cases}$$

$$S : \begin{cases} S_S = 3699.483 \text{ m} \\ Z_S = 1010.331 \text{ m} \end{cases}$$

$$D : \begin{cases} S_D = 4319.764 \text{ m} \\ Z_D = 1001.161 \text{ m} \end{cases}$$

$$i_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)/(S_S - S_A)} \right| = \left| \frac{(1010.331 - 1002.334)/(3699.483 - 3405.344)} \right| = 2.72\%.$$

$$i_2 = \left| \frac{(Z_S - Z_D)/(S_S - S_D)} \right| = \left| \frac{(1010.331 - 1001.161)/(3699.483 - 4086.846)} \right| = 2.37\%.$$

❖ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| \pm |P_2|) = (|0.0272| + |0.0237|) \times 5000/2 = 127.25 \text{ m.}$$

❖ Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (127.25)^2 / (2 \times 5000) = 1.619 \text{ m.}$$

❖ Calcul des coordonnées des points de tangentes :• Calcul des coordonnées du point B:

$$\begin{cases} S_B = S_s - T = 4950 - 127.25 = 3572.233 \text{ m.} \\ Z_B = Z_s - T \times |i_1\%| = 1010.331 - 127.25 \times |2.72\%| = 1006.869 \text{ m.} \end{cases}$$

• Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_s + T = 4950 + 127.25 = 3826.733 \text{ m} \\ Z_C = Z_s - T \times |i_2\%| = 1010.331 - 127.25 \times |2.37\%| = 1007.315 \text{ m} \end{cases}$$

❖ Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 127.25 = 254.5 \text{ m.}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe

1) Introduction

D'une façon générale le profil en travers d'une route est déterminé après des études préalables prenant en compte des données de trafic, des objectifs de niveau de service et des éléments économique et politiques.

2) Définition

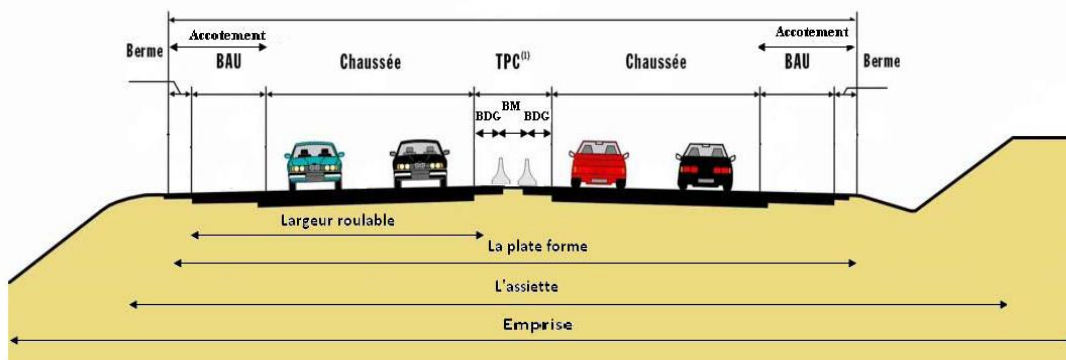
Le profil en travers d'une chaussée coupe perpendiculaire l'axe de la route sur un plan vertical.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers » 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....).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur la route, qui définit le nombre de voies.

3) Les elements constitutifs du profil en travers :

Profil en travers type de la section courante à 2x2 voies



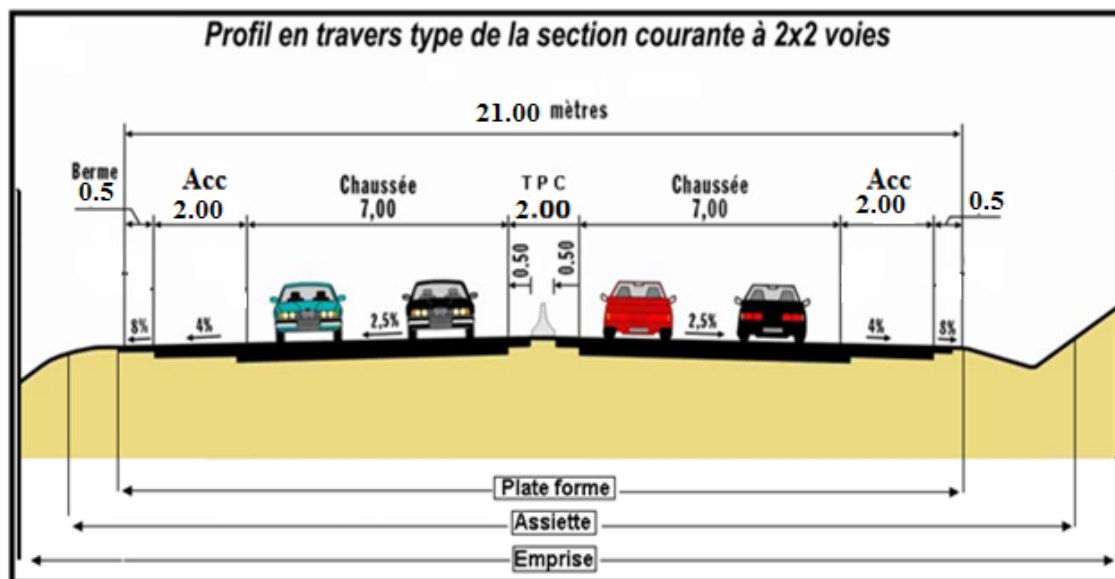
- **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **Assiette** : c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- **Plate forme** : elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.
- **Chaussée** : c'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.
- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- ❖ **bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.
- ❖ **bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,... etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.
- **Accotement** : bordée à l'extérieure d'une berme.
 - ❖ **la berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

4) Le profil en travers type de la route:

Notre route 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 de 2 m : 2.00m.
- un accotement de 2 m pour chaque coté. : $2 \times 2 = 4.00 \text{ m}$.
- une berme de 0.50m pour chaque coté. : $2 \times 0.50 = 1.00 \text{ m}$.



La largeur de la plate forme de l'évitement est de 21.00m.

1) Introduction

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.

2) Méthode de calcul :

Les méthodes qui nous allons utiliser sont celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donnés des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

❖ Description de la méthode de la moyenne des aires

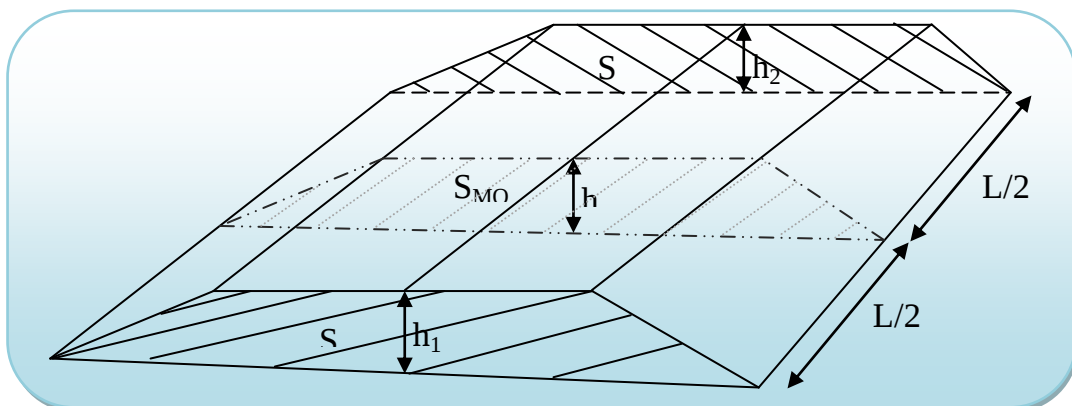
Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

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

H : hauteur entre deux profils.

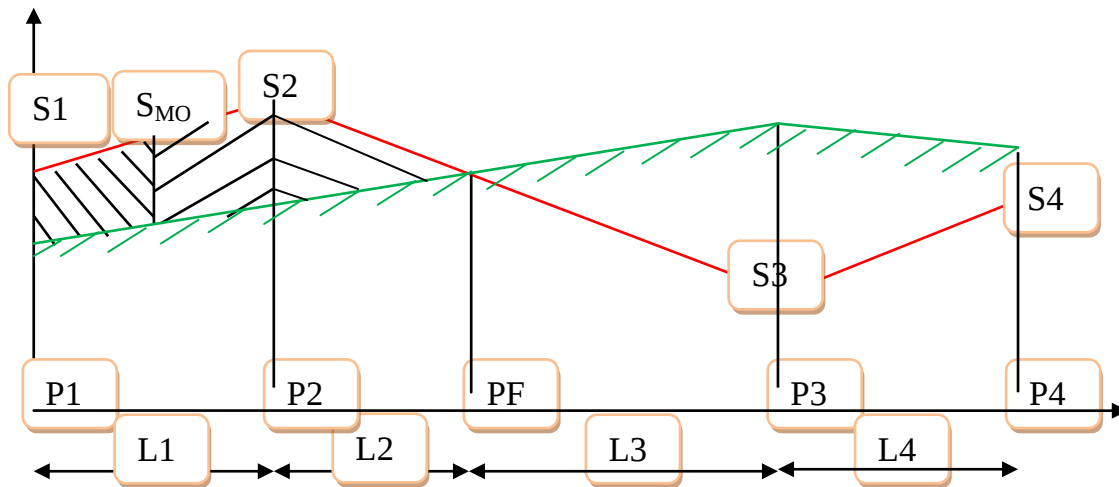
S₀ : surface limitée à mi- distance des profiles.

S₁, S₂ : surfaces des deux profils



3) Application :

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



PF: profil fictif, surface nulle.

Si: surface du profil en travers Pi.

Li : distance entre ces deux profils .

S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

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

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

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

$$\text{D'où : } V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre p1 et p2 : } V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre p2 et pf : } V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre pf et p3 : } V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$$

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

Remarque:

Dans cette méthode on distingue deux différentes sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de **GULDEN** où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit du profil. Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « Piste5.05 ».

Les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci-dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et deblais et Decapages :

Volumes	Remblais (m³)	Deblais (m³)	Decapages (m³)
Pénétrante	185287	193058	62787

Les résultats de calcul sont joints en annexe

1) Introduction

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométrique mais aussi de bonnes caractéristiques mécanique lui permettant de résister à toutes ces charges pendant toute sa durée de vie. La qualité de la construction des chaussées joue, à ce titre, un rôle primordiale celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser.

2) Les objectifs principaux d'une étude géotechnique

- Au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- Au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec le minimum d'aléas possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des sols rencontrés, méthode d'exécution.

3) Les différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Essai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

3.a) Analyse granulométrique

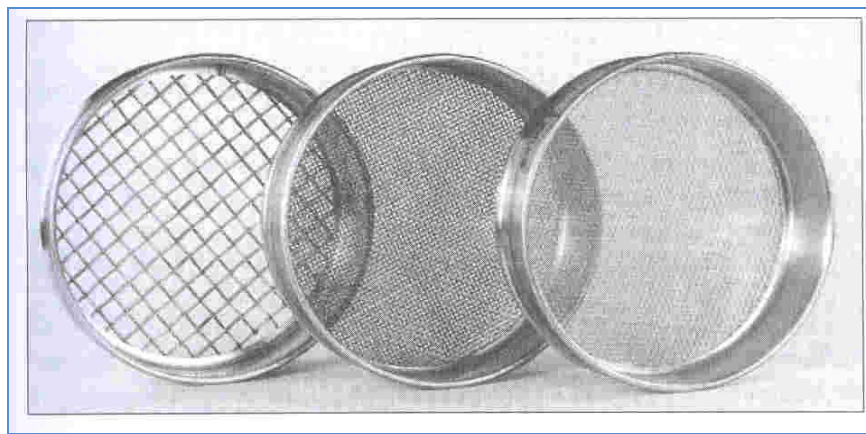
C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

$d < 2\mu\text{m}$	—————>	argile
$2\mu\text{m} \leq d < 20\mu\text{m}$	—————>	limon
$20\mu\text{m} \leq d < 200\mu\text{m}$	—————>	sable fin
$0,2\text{mm} \leq d < 2\text{mm}$	—————>	sable grossier
$2\text{mm} \leq d < 20\text{mm}$	—————>	gravier
$20\text{mm} \leq d < 50\text{mm}$	—————>	cailloux
$d \geq 50\text{mm}$	—————>	blocs

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension Supérieure à $80\mu\text{m}$ et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à $80\mu\text{m}$.



Schématisation de la colonne de tamis

La courbe granulométrique permet de calculer C_u et C_c dans le but de classer le sol.

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

$$C_c = D_{30} / D_{10} \cdot D_{60}$$

C_c : coefficient de courbure

C_u : coefficient d'informaté

- Un sol est dit « bien gradué » si $C_u \geq 4$ et $1 \leq C_c < 3$
- Un sol est dit « à granulométrie uniforme » si $C_u < 2$
- Un sol est dit « à granulométrie étalée » si $C_u > 2$

3. b) Equivalent de sable

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5 mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution flocculant destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur h_2 du sable et la hauteur h_1 du sommet du flocculat.

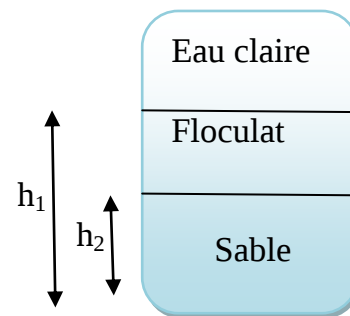
On calcule ensuite :

$$ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

ES = 0 : Argile pure.

ES = 40 : Sol peu plastique.

ES = 100 : sable pure.



3.c) Limites d'Atterberg

Lorsqu'on fait croître progressivement la teneur en eau d'un sol préalablement séché et pulvérisé, il passe d'un état solide ou très consistant à rupture fragile à un état plastique (grandes déformations sans rupture) puis à l'état liquide.



Schématisation de l'appareil de Casagrande

Les propriétés du sol sont Caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

- ❖ **la limite de liquidité w_L** : qui marque le passage de l'état quasi liquide à l'état plastique. Elle est mesurée à l'aide de la coupelle de Casagrande dans laquelle on place une certaine quantité de sol à une teneur en eau déterminée.

Une rainure est pratiquée sur toute l'épaisseur du sol. Par des chocs normalisés, on amène la rainure à se refermer. La limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à sa fermeture en 25 chocs.

- ❖ **La limite de plasticité w_P** :qui est la teneur en eau à partir de laquelle le sol commence à s'émietter lorsqu'on le roule en fils de faible diamètre (environ 3 mm).

On définit alors l'**indice de plasticité** :

$$IP = wL - wP$$

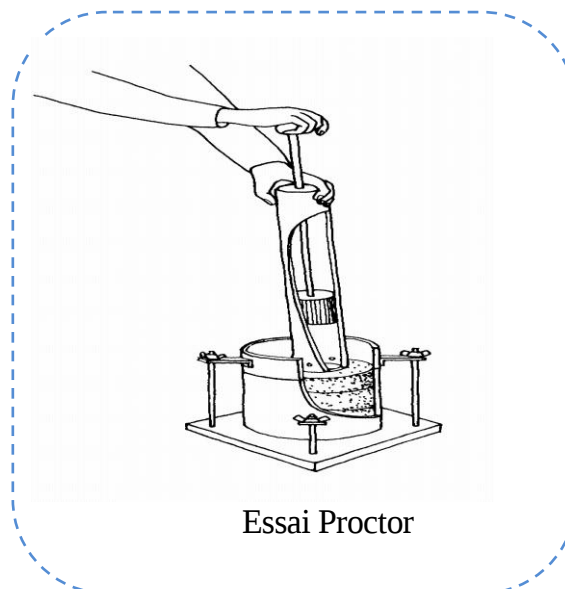
Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

$IP < 12$	—————>	faiblement argileux.
$12 \leq IP < 25$	—————>	moyennement argileux.
$25 \leq IP < 40$	—————>	argileux.
$IP \geq 40$	—————>	très argileux.

3.d) Essai PROCTOR

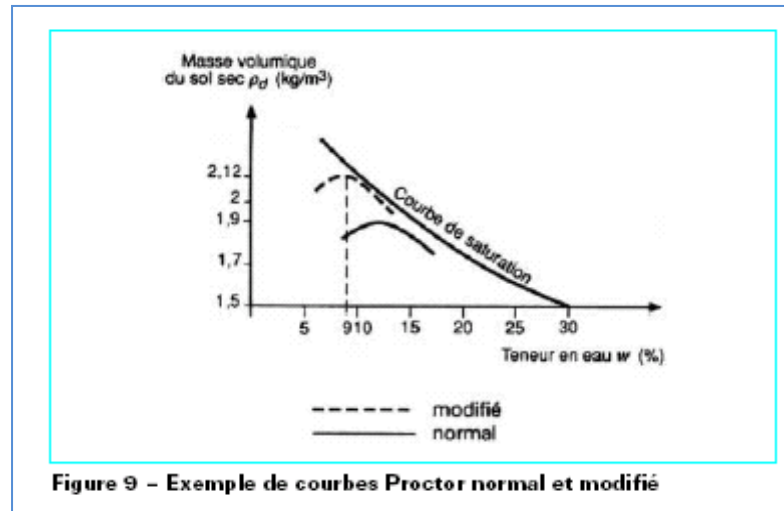
L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».



L'essai est répété plusieurs fois de suite pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (4%,6%,10% ,14%).

Deux variantes de l'essai Proctor sont couramment pratiquées. L'essai **Proctor normal** rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

Dans l'essai **Proctor modifié**, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.



Ordre de grandeur : Sur les chantiers de stabilisation, on exige en générale des densités sèches égales à 90% à 95 % de la densité sèche maximum déterminée à l'essai Proctor.

Exploitation des résultats :

- Il est très important d'avoir au moment de compactage une teneur en eau voisine de la teneur optimum
- En période pluvieuse la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur en eau optimum, il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche.
- En période sèche les rapports d'eau sont importants
(la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12% selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé).

3.e) Assai C.B.R (California Bearing Ratio)

- **But de l'essai :** d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements, et détermination de l'indice **ICBR**.
- **Définitions :** L'indice **CBR** (**I.CBR**) exprime en % le rapport entre les pressions produisant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part (grave concassée).
- **Principe de l'essai :** L'indice CBR est déterminé pour des sols à vocation routière de manière purement empirique.
Après avoir compacté le matériau dans les conditions de l'essai Proctor modifié, on lui applique les conditions hydriques prévues :

- Immersion pendant 4 jours dans l'eau.
- Immersion pendant 2 jours dans l'eau.
- Pas d'immersion : essai immédiat.

Le matériau à étudier étant placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau, on applique ensuite une charge voisine de ce que sera la charge de service, puis on le poinçonne par un piston tout en mesurant les efforts et déplacements résultant.

I _{CBR}	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

Interprétation d'essai CBR

3.f) Essai Los Angeles

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

L'essai consiste à mesurer la masse P₂ d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

$$LA = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

P₁ : c'est la prise d'essai.

P₂ : le refus sur le tamis 1.6 mm.

LA	Appréciation
≤ 15	Très bon à bon
15-20	Bon à moyen
20-30	Moyen à faible
> 30	Médiocre

Interprétation du LA

3.g) Essai Micro-Deval

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

Il peut être exécuté à sec (c'est-à-dire le MDS) ou sur des matériaux imbibés d'eau (c'est-à-dire MDE).

MDS : coefficient Micro-Deval sèche.

MDE : coefficient Micro-Deval à la présence de l'eau.

Valeur MDE	Appréciation
≤ 13	Très bon à bon
13 – 20	Bon à moyen
20 – 25	Moyen à faible
> 25	Médiocre

Caractéristiques des granulats par le MDE

Nota :

Actuellement c'est le MDE qui est de plus en plus pratiqué, son intérêt est de caractériser la résistance d'un matériau dans des conditions proches des conditions de service : régions pluvieuses, drainage défectueux, remontés capillaires.

4) Les différents essais « in- situ »

- Les Forages.
- Les méthodes géophysiques.
 - La prospection sismique.
 - La prospection électrique.
- Les essais de pénétration.
 - Le pénétromètre dynamique.
 - Le standard pénétration statique (SPT).
 - Le pénétromètre statique.

4.a) Les forages

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

4.b) Les essais de pénétration

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe de pénétration.

- ❖ **Le pénétration statique** : l'enfoncement est provoqué par une pression continue exerce sur la tête du train de tige. On détermine ainsi, en fonction de la profondeur, la résistance de pointe, l'effort latéral et l'effort total.
- ❖ **Le pénétromètre dynamique** : l'enfoncement du train de tige est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10 cm).
- ❖ **Le standard pénétration test ou SPT** : le battage s'exerce sur un tube carottier
- ❖ L'essai est similaire à l'essai précédent (enfoncement de 15 puis 30 cm).

5) Condition d'utilisation des sols en Remblais

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage.

Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

Nota :

Vu que le rapport géotechnique ne nous a pas été remis (Non disponible ?) nous n'avons pas traité cette partie en détail

1) Introduction:

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun, elles se dégradent. Le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier. Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement 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.

2) La chaussée :

2.a) Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

2.b) Les différents types de chaussée :

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

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

❖ Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures.

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

En principe, une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

➤ **Couche de roulement (surface) :**

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de 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, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

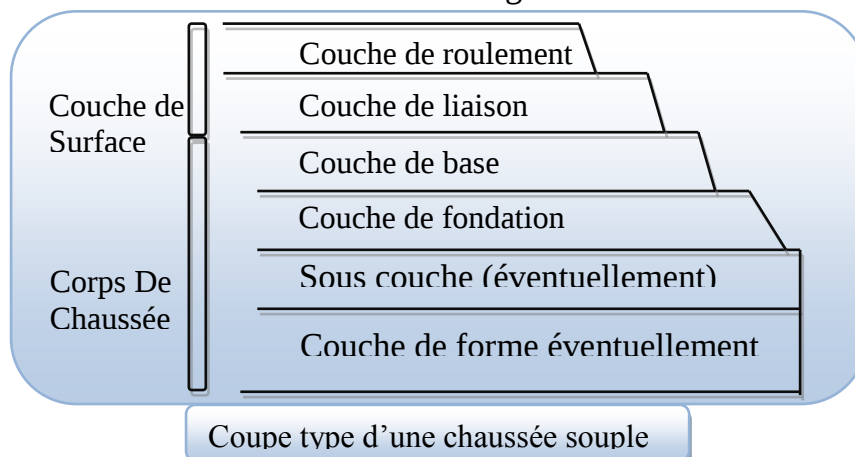
➤ **Couche de fondation :**

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 un bon uni 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 40 et 70 cm.



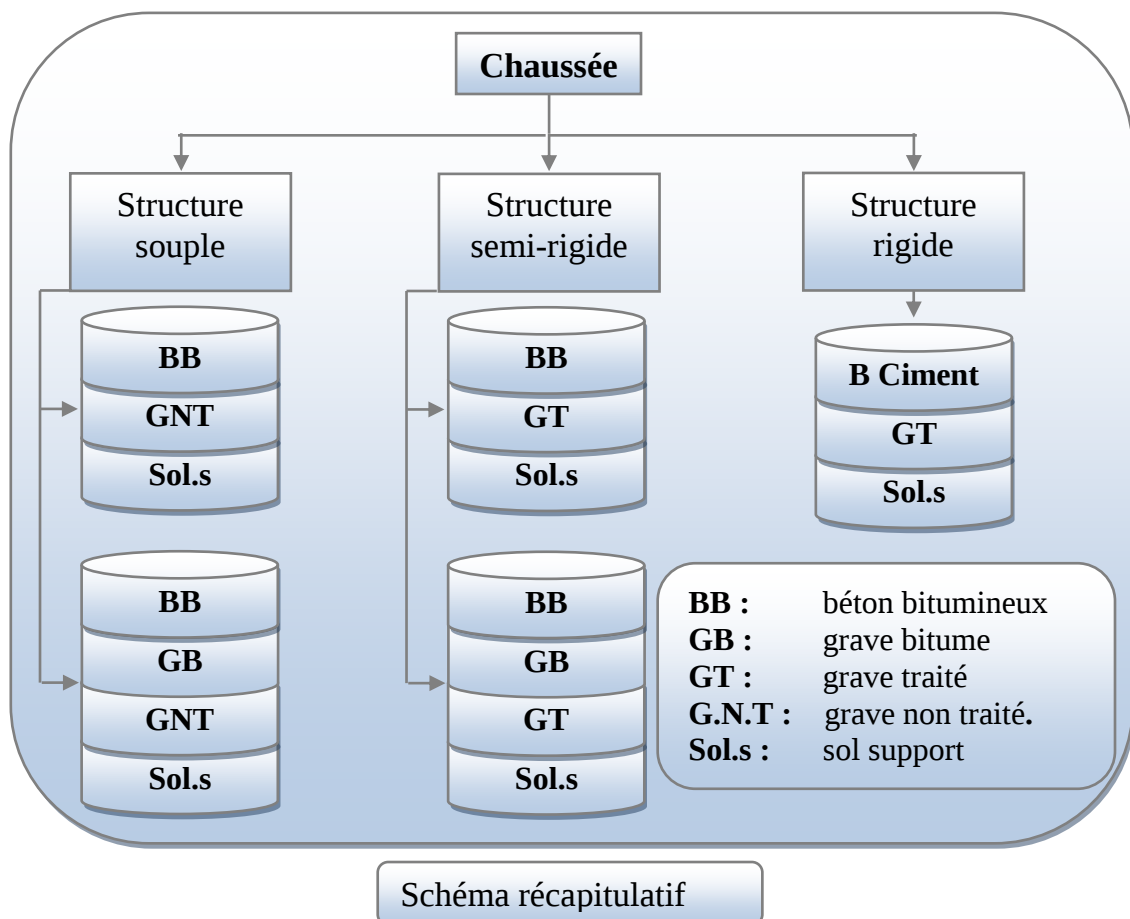
❖ **Chaussée semi-rigide**

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.

❖ **Chaussée rigide :**

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant 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 ; elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).



3) Les différents facteurs de terminants 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 :

3.a) 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 :

$$N = T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

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

τ : Taux de croissance du trafic.

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

3.b) 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.

3.c) Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué 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.

3.d) Matériaux :

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

4) Les principales méthodes de dimensionnement:

On distingue deux familles de méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

4.a) 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:

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

Avec:

- e: épaisseur équivalente
- I: indice CBR (sol support)
- n: désigne le nombre journalier de 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:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

❖ Coefficient d'équivalence :

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

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

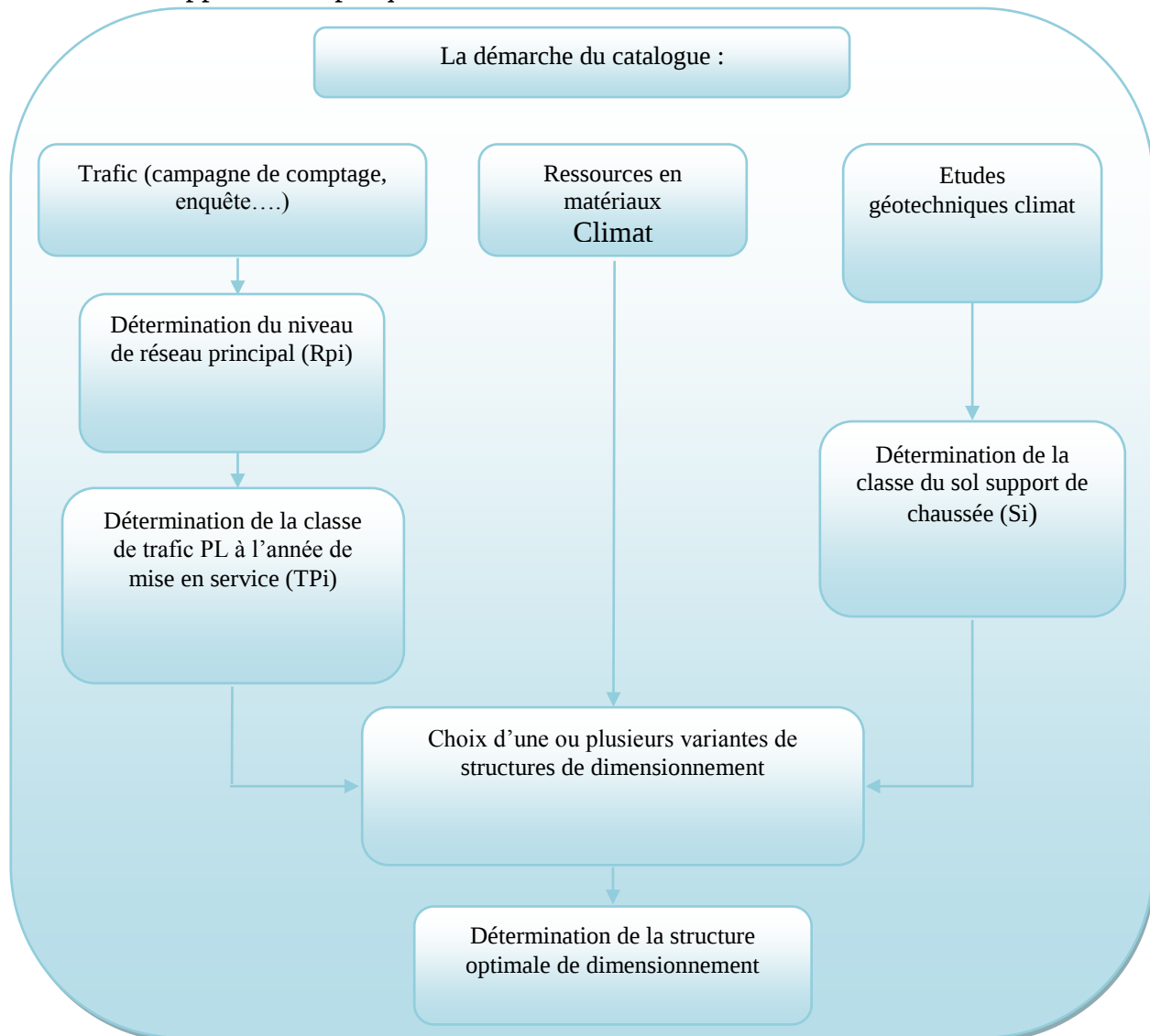
4.b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.



5) Application au projet :

❖ Caractéristiques du sol support :

L'indice de CBR= 5 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S3. le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation de chaussée dans des conditions acceptable.

❖ Amélioration de la portance du sol support :

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, le « CTTT » 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 couche de forme. 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	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

Améliorations de la portance de sol support.

N B : avons choisit un Nous matériau non traité (Tuf) parce qu'il est moins chers, en plus il est disponible sur le site.

Pour notre cas on a un CBR=5 $\Rightarrow$ S3 $\Rightarrow$ nous proposons $e_{cf} = 40\text{cm}$ de Tuf pour obtenir un CBR compris entre 5 et 10 $\Rightarrow$ S3 (tableau 3).

Le gisement en provenance d'ATTATBA renferme un extra tuf qui va être utilisé pour la réalisation de la couche de forme.

5.a) Méthode de C.B.R :

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- $TJMA_{2011} = 3516 \text{ v/j/s}$
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 40 \%$
- ICBR = 5

Répartition de trafic :

$$TJMA_{2011} = 3516 \text{ V/j/s}$$

$$TPL_{2011} = 0,40 \times 3516 = 1406 \text{ PL /j/sens}$$

$$TPL_{2033} = (1+\tau)^{22} \cdot PL_{2011} = (1+0,04)^{22} \times 1406 = 3332,10 \approx 3332 \text{ PL/j/sens}$$

$$E_{totale} = \frac{100 + \sqrt{6,5} \left[75 + 50 \log \left(\frac{3332}{10} \right) \right]}{5 + 5}$$

$$E_{totale} = 61,28 \approx 62 \text{ cm.}$$

Epaisseur équivalente :

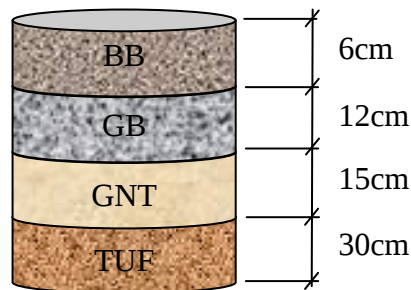
$$E_{equivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$$

On suppose :

Nom du couche	Matériaux	coefficient d'équivalence	L'épaisseur du couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1.5	12
fondation	GNT	1	15
forme	TUF	0.6	?

$$e_3 = 62 - (2 \times 6 + 1.5 \times 12 + 1 \times 15) / 0.6 = 28,33 \approx 30 \text{ cm}$$

Notre structure comporte : **6BB + 12GB + 15GNT + 30TUF**



5.b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- $TJMA_{2005} = 3516 \text{ v/j/s}$
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 40 \%$

➤ **Détermination du type de réseaux principaux :**

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

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

$TJMA_{2011} = 7032 \text{ V/j.}$ —————> Le réseau principal est RP1

➤ **Détermination de la classe de trafic :**

❖ **définition du poids lourd :**

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

$TJMA_{2011} = 3516 \text{ V/j/sens.}$

$TPL_{2011} = 0,4 \times 3516 = 1406 \text{ PL/j/sens.}$

$TPL_{2013} = (1+\tau)^2 \cdot PL_{2011} = (1+0,04)^2 \cdot 1406 = 1521 \text{ PL/j/sens.}$

❖ **répartition transversale du trafic :**

En l'absence d'informations précises sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante :

- chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

$TPL_{2013} = 1521 \times 0.9 = 1369 \text{ PL/j/sens.}$

❖ **détermination de la classe de trafic (TPL_i) :**

Les classes de trafic (TPL_i) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Classe TPL_i pour RP1 :

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

$TPL = 1369 \text{ PL/j/sens}$ —————> La classe de trafic est TPL_5 .

❖ **détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

- Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0 . Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Portance (S_i)	CBR
S_4	<5
S_3	5-10
S_2	10-25
S_1	25-40
S_0	>40

- classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S_3, S_2, S_1, S_0 . Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

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

❖ Choix de différentes couches constitue de la chaussée:

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

- Couche de roulement : **BB**.
- Couche de base : **GB**.
- Couche de fondation : **GNT**.
- Couche de forme en : **TUF**

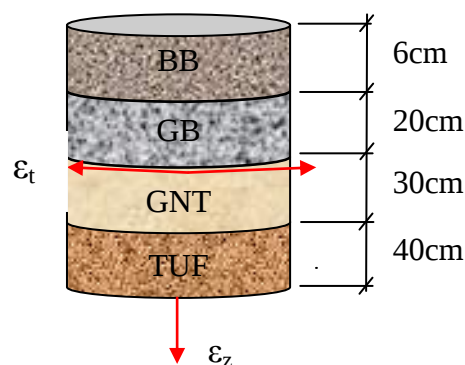
❖ Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est à TIARET (la zone climatique II : humide, pluviométrie 350-600 mm/an).

❖ Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S_2) et une classe de trafic (TPL5).

Avec toutes ces données de catalogue Algérien (fascicule 3), on propose la structure de chaussée (GB/GNT) de notre projet comme suite :



➤ **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :**

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

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (\text{TCE}_i)^{-0.235}$$

$$\text{TCE}_i = \text{TC}_i \times A$$

$$\text{TC}_i = \text{TPL}_i \times 365[(1+i)^n - 1]/i.$$

$$\text{TC}_{2033} = 3332 \times 365[(1+0.04)^{20} - 1]/0.04$$

$$\text{TC}_{2033} = 36.21 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

Niveau de réseaux principale « RPi »	Type des matériaux et structure	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traité au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GNT	0.6
	Chaussées à matériaux traité au liant hydraulique : GL/GL, BCg/GC	1

Alors :

$$\text{TCE}_{2033} = 21.73 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

❖ **Choix des températures équivalentes :**

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

❖ **Performances mécaniques des matériaux bitumineux :**

Matériau	E(30°, 10Hz) (MPa)	E(25°, 10Hz) (MPa)	E(20°, 10Hz) (MPa)	E(10°, 10Hz) (MPa)	$\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$ 10^{-6}	-1/b	SN	S _H (cm)	v	K _c calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

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

- θ_{eq} = température équivalente ($\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$) => E(20°, 10Hz) = 7000 MPa.
- Classe de trafic (**TPL₅**).
- Risque adopté pour réseau RP₁ (**R%=10**).
- C : coefficient égal **0.02**
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t = - 1.282**).

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

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

$$\delta = 0.609$$

A.N :

❖ **Déformation admissible verticale :**

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (21.73 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 415 \times 10^{-6}$$

❖ **Déformation admissible de traction :**

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (21.73 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 85.24 \times 10^{-6}$$

➤ Résultats de calcul par Alize III :

evitement de la ville de tiaret
 POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
 A SOUS UNE ROUE SIMPLE
 B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
 C AU CENTRE DU JUMELAGE
 A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
 NOMBRE DE COUCHES 5

```

*****
*          *          *          *          *          *
*  Z      *          *  EPSILON T *  SIGMA T *  EPSILON Z *  SIGMA Z *
*          *          *          *          *          *
*  .00*    *          *  .890E-04C*  .851E+01B*  -.688E-04C*  .662E+01A*
*          *  E= 40000. *          *          *          *          *
*          *  NU= .35   *          *          *          *          *
*          *  H1= 6.00  *          *          *          *          *
*  6.00*    *          *  .384E-04C*  .501E+01B*  -.426E-04C*  .604E+01B*
*-----*----- COLLE-----*-----*-----*-----*
*  6.00*    *          *  .384E-04C*  .633E+01B*  -.456E-04C*  .604E+01B*
*          *  E= 70000. *          *          *          *          *
*          *  NU= .35   *          *          *          *          *
*          *  H2= 20.00 *          *          *          *          *
*  26.00*   *          *  -.786E-04C*  -.719E+01B*  .734E-04B*  .528E+00B*
*-----*----- COLLE-----*-----*-----*
*  26.00*   *          *  -.786E-04C*  -.162E+00C*  .168E-03B*  .528E+00B*
*          *  E= 3500.  *          *          *          *          *
*          *  NU= .25   *          *          *          *          *
*          *  H3= 10.00 *          *          *          *          *
*  36.00*   *          *  -.775E-04C*  -.218E+00C*  .133E-03C*  .372E+00C*
*-----*----- COLLE-----*-----*-----*
*  36.00*   *          *  -.775E-04C*  -.120E+00C*  .169E-03C*  .372E+00C*
*          *  E= 2500.  *          *          *          *          *
*          *  NU= .25   *          *          *          *          *
*          *  H4= 20.00 *          *          *          *          *
*  56.00*   *          *  -.810E-04C*  -.190E+00C*  .123E-03C*  .218E+00C*
*-----*----- COLLE-----*-----*-----*
*  56.00*   *          *  -.810E-04C*  -.324E-01C*  .233E-03C*  .218E+00C*
*          *  E= 1000.  *          *          *          *          *
*          *  NU= .25   *          *          *          *          *
*          *  H5=INFINI *          *          *          *          *
*          *          *          *          *          *          *
*****
*  D      *          *  30.52MM/100 *          *          *          *
*  R      *          *  916.97M     *          *          *          *
*****
  
```

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\varepsilon_{t,adm} = 0.85 \times 10^{-4}$	$\varepsilon_t = -0.78 \times 10^{-4}$
$\varepsilon_{z,adm} = 0.415 \times 10^{-3}$	$\varepsilon_z = 0.233 \times 10^{-3}$

D'après les résultats précédents :

$$\begin{cases} \varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm} \\ \varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm} \end{cases}$$

indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	C.T.T.P
5	6BB+12GB+15GNT+30TUF	6BB+20GB+30GNT+40TUF

6) Conclusion :

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

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

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

1) INTRODUCTION

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau.

Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

1. 1) Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

1. 2) Carrefour à trois branches (en Y):

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

1. 3) Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

1. 4) Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

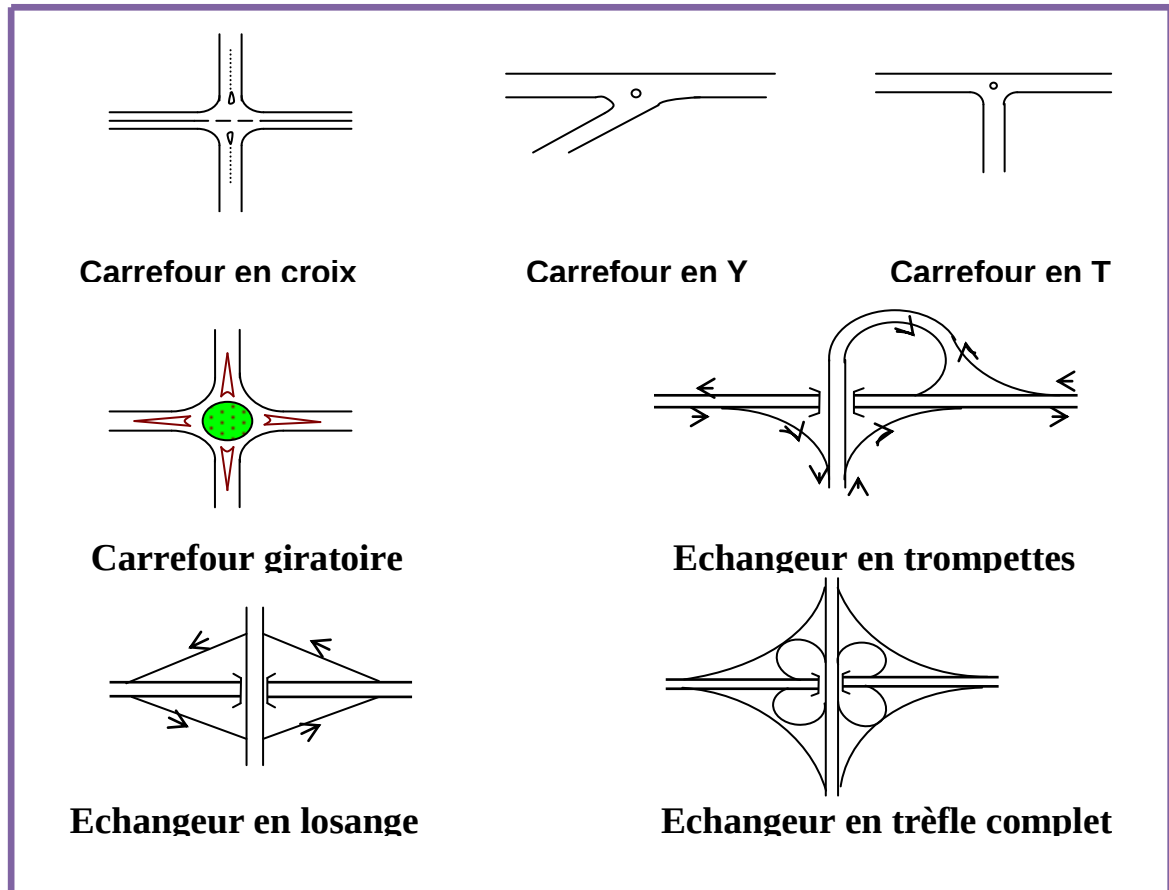
C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.



NB: Pour notre projet l'étude du tronçon comporte deux carrefours giratoires.

2) DONNEES UTILES A L'AMENAGEMENT D'UN CARRFOUR:

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

3) PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores

3. 1) La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

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

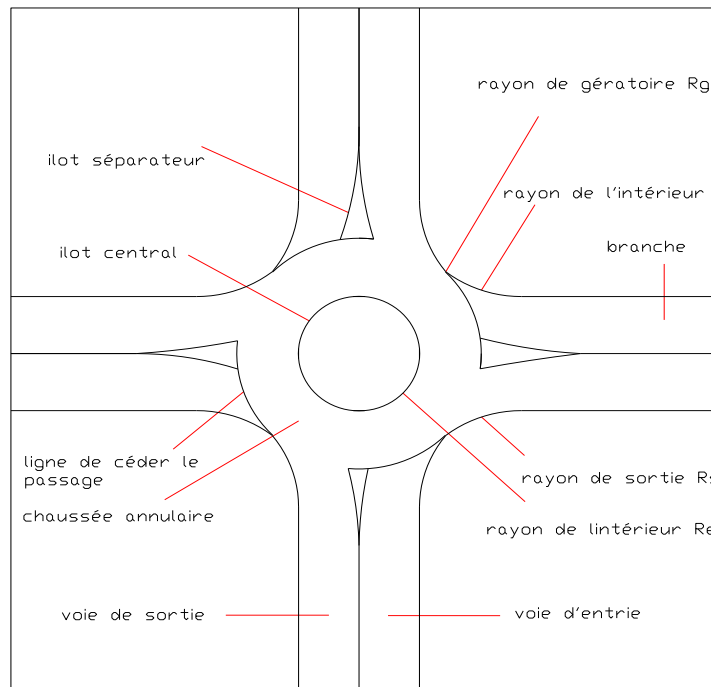
3. 2) Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- Le point de conflit
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse

3. 3) Données de base:

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.



D'après le B40 :

En catégorie 2 et environnement 2 sur un alignement: $V_0 = 80\text{km/h}$

$a = 2.5\text{m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt)

$d'_p(\text{VP}) = 130\text{m}$.

$d'_p(\text{PL}) = 175\text{m}$.

$d'_p(\text{t. .g}) = 175\text{m}$.

$d'_p(\text{t. .d}) = 160\text{m}$.

Les  lots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les voies de circulation.

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire: 0.5 m.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m   1m.
- Longueur de l'îlot : 15 m   30 m.

 lot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5   1 m

Les couloirs d'entrée et de sortie :

Longueur de couloirs $\left\{ \begin{array}{l} \text{entrée 4m (accotement dérasé 1.5m)} \\ \text{Sortie 5m (accotement dérasé 0.5m)} \end{array} \right.$

4) APPLICATION AU PROJET:

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire deux carrefours giratoire, qui sont aménagés comme suit:

❖ **Le premier carrefour:** carrefour plan situe au **pk 7+ 165m**

c'est un carrefour giratoire en quatre branches qui se trouve en debut de notre projet

- RN23 (vers la ville de Tiaret).
- RN23 (vers Sougueur).
- vers dahemouni.
- vers frenda.



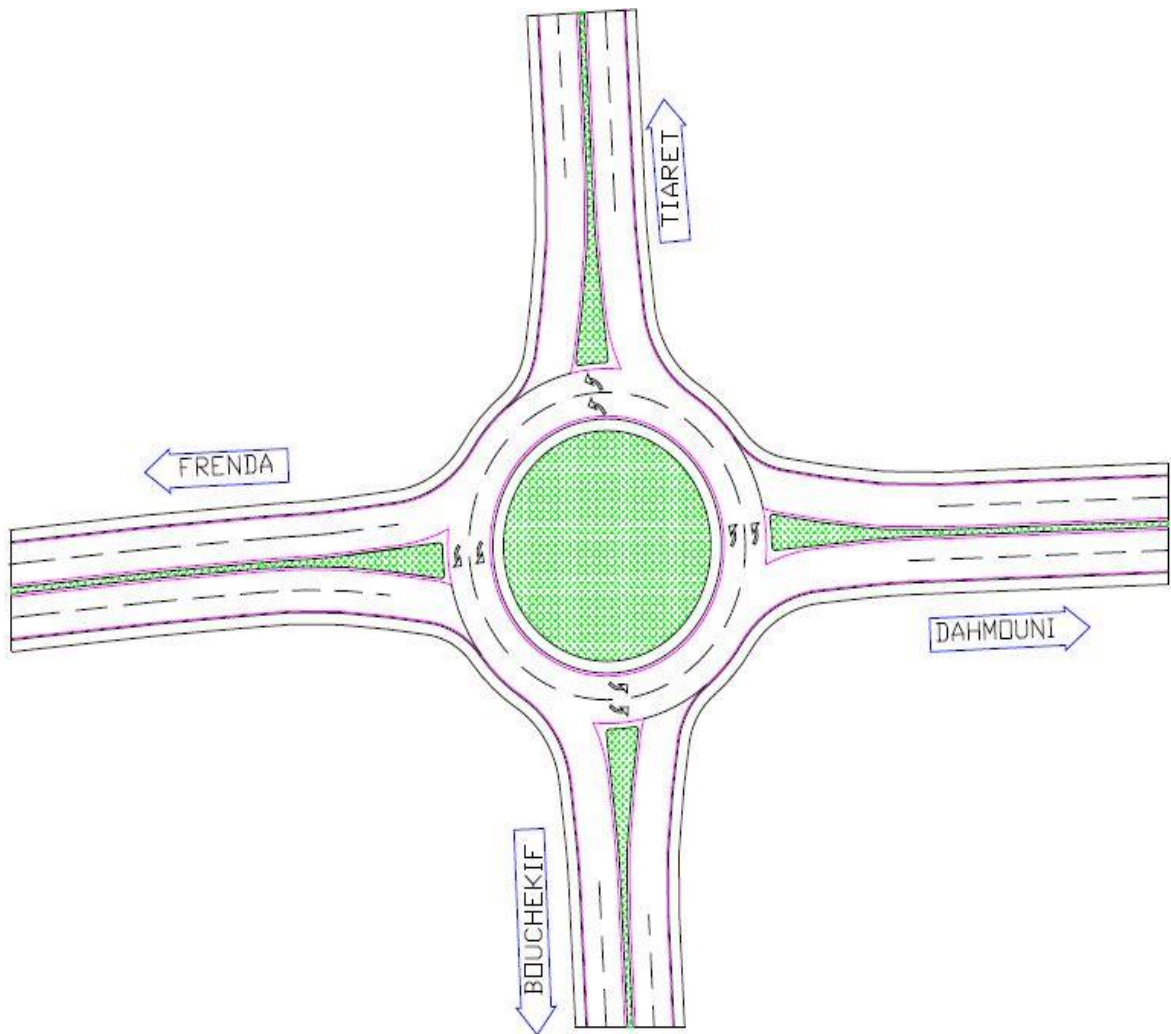
CARREFOUR GIRATOIRE EN PK : 7+165m

Géométrie de l'anneau	
Coordonnées du centre	X= 8962.490 m
	Y= 1152.986 m
Rayon extérieur	30.000 m
Rayon intérieur	22.000 m
Largeur d'anneau	8.000 m
Distance marquage extérieur	0.250 m
Distance marquage intérieur	0.50 m

❖ **Le deuxième carrefour:** il est situé au niveau du **PK10+870**

c'est un carrefour giratoire en quatre branches est aménagé comme le premier

- CW07 (vers la ville de Tiaret).
- CW07 (vers Bouchekif).
- vers dahemouni.
- vers frenda



CARREFOUR GIRATOIRE EN PK : 10+870m

Géométrie de l'anneau	
Coordonnées du centre	X= 21168.889 m
	Y= 2854.298 m
Rayon extérieur	30.000 m
Rayon intérieur	22.000 m
Largeur d'anneau	8.000 m
Distance marquage extérieur	0.250 m
Distance marquage intérieur	0.50 m

1) INTRODUCTION :

- L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et 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, curettes, 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, ...).

2) DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ❖ Assurer l'évacuation rapide des eaux pluvial et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ❖ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ❖ Réduction du coût d'entretien.
- ❖ Eviter les problèmes d'érosions.
- ❖ La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

➤ Drainage des eaux souterraines :

a)- 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 détrempe 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.

b)- Protection contre la nappe phréatique :

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

3) DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUE :

❖ Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, ou la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

❖ Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

❖ Chambre de visite (cheminée) :

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 :

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 :

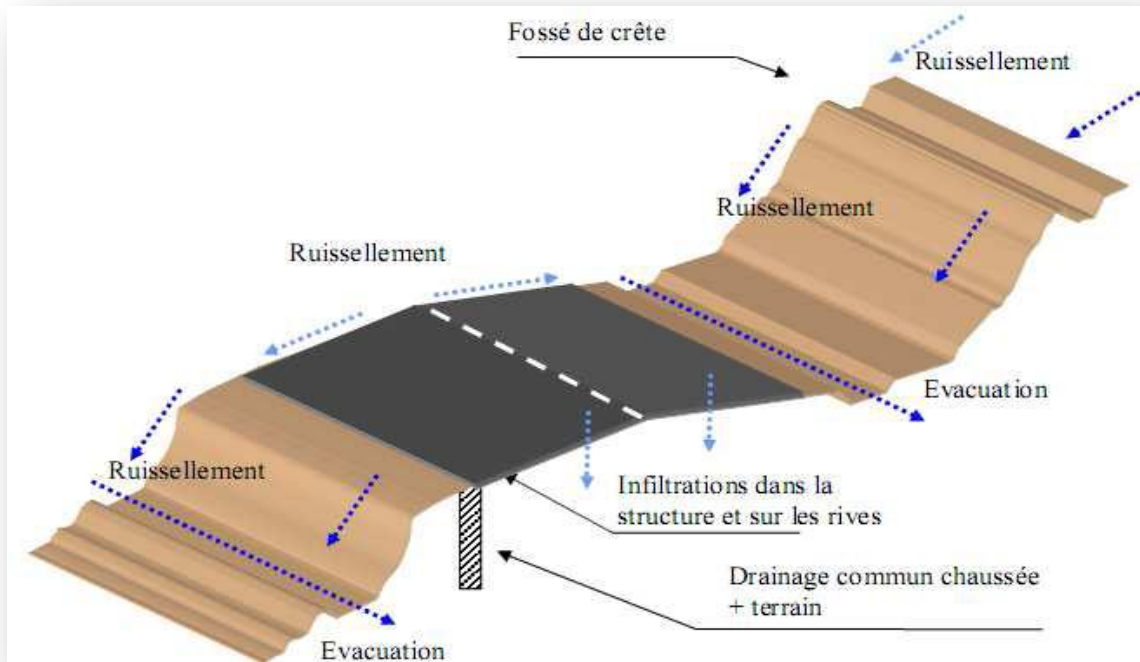
C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

❖ 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.



Distinction entre les fonctions de drainage et l'assainissement routier.

4) DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

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

$$Q_a = Q_s$$

- **Q_a** : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).
- **Q_s** : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

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

$$Q_a = K.C.I.A$$

- **K** : coefficient de concentration, K = 0.278
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée (mm/h).
- **A** : superficie(Aire) du bassin versant (HA).

4.1. Détermination de l'intensité :

Pour déterminer l'intensité on utilise la courbe « Intensité-Durée-fréquence ».qui donne l'intensité en fonction de la période de retour et la durée (temps de concentration).

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 dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

Le tems de concentration :

La période (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 :

Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:
$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:
$$t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:
$$t_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{H}}$$

T_c : Temps de concentration (heure) ; **L** : Longueur de bassin versant (km).

A : Superficie du bassin versant (km²) ; **P** : Pente moyenne du bassin (m.p.m).

4.2. Coefficient de ruissellement :

Le Coefficient de ruissellement est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur le volume d'eau tombe sur cette surface. Sa valeur est obtenue en tenant compte des deux paramètres suivants :

- La couverture végétale.
- La forme, la pente
- La nature de terrain (qualité du sol).

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.3	0.3

Valeur de coefficient de ruissellement (C).

4.3. Calcul de débit de saturation :

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par le biais de la formule de **MANNING STRICKLER** sur un écoulement en régime uniforme .

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

→ **K_{st}** : coefficient de **STRICKLER** (coefficient de rugosité) qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

- Paroi en terre : $K_{st} = 30$.
- Paroi en béton : $K_{st} = 60$.
- $K_{st} = 70$ pour les dalots
- $K_{st} = 80$ pour les buses

- **S** : section mouillée.
- **Rh** : rayon hydraulique (m) (section du profil mouille / périmètre du profil mouille).
- **I** : la pente moyenne de l'ouvrage.

4.4. Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

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

Où : **P_{j_{moy}}** : pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation.

U : Variable de Gauss.

Ln : Log. Népérien.

Fréquences au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retours (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss(U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Valeurs de variable du GAUSS

U = 1.28 (variable de Gauss pour une période de retour de 10 ans).

4.5. Calcul de la fréquence d'averse :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

Où:

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (heure).

4.6. L'intensité horaire:

$$i = \frac{P(t)}{t_c}$$

Où : **i** : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : Temps de concentration (heure).

P (t) : Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

5) APPLICATION DU PROJET :

❖ Données pluviométriques:

Les données hydrauliques sont tirées de l'étude effectuée dans la région de **TIARET**

Les données nécessaires aux calculs concernent :

- La pluie journalière moyenne : **Pj moy = 31mm**
- Le coefficient de variation : **CV = 0.39**
- L'exposant climatique : **b = 0,23**

❖ Calcul de précipitation : D'après la formule de **GALTON** on a :

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

- Pendant 10ans :

u = 1.28, C_v = 0.39, P_{j moy} = 31mm

$$P_j (10\%) = \frac{31}{\sqrt{0.39^2 + 1}} e^{1.28 \sqrt{\ln(0.39^2 + 1)}} \Rightarrow \boxed{P_j (10\%) = 46.60 \text{ mm}}$$

- Pendant 50ans :

u = 2.05, C_v = 0.39, P_{j moy} = 31mm.

$$P_j (02\%) = \frac{31}{\sqrt{0.39^2 + 1}} e^{2.05 \sqrt{\ln(0.39^2 + 1)}} \Rightarrow \boxed{P_j (02\%) = 62.23 \text{ mm}}$$

- Pendant 100 ans :

u = 2.327 C_v = 0.39, P_{j moy} = 31mm.

$$P_j (01\%) = \frac{31}{\sqrt{0.39^2 + 1}} e^{2.327 \sqrt{\ln(0.39^2 + 1)}} \Rightarrow \boxed{P_j (01\%) = 68.75 \text{ mm}}$$

❖ Fréquence d'averse PT:

Pour une durée de (t=15mn=0.25h), on la détermine par la formule :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b \quad \text{Avec : } t=0.25 \text{ h, } b=0.23$$

$$P_t (10\%) = P_j (10\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b = 46.60 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.23} = 16.31 \text{ mm}$$

$$P_t (2\%) = P_j (2\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b = 62.23 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.23} = 21.78 \text{ mm}$$

$$P_t (1\%) = P_j (1\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b = 68.75 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.23} = 24.06 \text{ mm}$$

❖ Calcul l'intensité de l'averse :

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

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^B, \quad B = b-1 = 0.23-1 = -0.77 \quad I = \frac{P_j(10\%)}{24}$$

Pour : $P_j(10\%) = 46.60 \text{ mm} \rightarrow I = \frac{46.60}{24} = 1.94 \text{ mm/h}$

$$I_t = 1.94 \times (0.25 / 24)^{-0.77} = 65.18 \text{ mm/h}$$

Donc : l'intensité de la pluie est

$$I_t = 65.18 \text{ mm/h}$$

❖ Calculs des débits

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

$$Q_a = K.C.i.A$$

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments {chaussée, accotement, talus}, la section de 740m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (5m).

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_a + Q_t$$

$$Q_c = K.I.C_c.A_c$$

$$Q_b = K.I.C_a.A_a$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t$$

➤ Calcul de surface des sous bassins versants:

SBV	A(km ²)
Chaussée	7×500= 0.0035
ACC	2× 500 = 0.00100
berm	0.5×500= 0.00025
Talus	5× 500 = 0.0025

➤ L'intensité de l'averse It :

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad I_t = 1.94 \times (t_c / 24)^{-0.77}$$

SBV	Pente(%)	t _c (h)	I _t (mm/h)
Chaussée	2.5	0.047	236
ACC	4	0.020	456
berm	8	0.007	1022
Talus	67	0.008	922

➤ Débit total:

SBV	C	K	I(mm/h)	A(Km ²)	Q (m3/s)	Q total (m3/s)
chaussée	0,95	0,278	236	0.0035	0.218	0.488
ACC	0,4	0,278	456	0.0015	0.050	
berm	0.4	0.278	1022	0.00025	0.028	
talus	0.3	0.278	922	0.0025	0.192	

D'où : $Q_{\text{total}} = Q_c + Q_a + Q_t = 0.488 \text{ m}^3/\text{s}$

❖ Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés) :

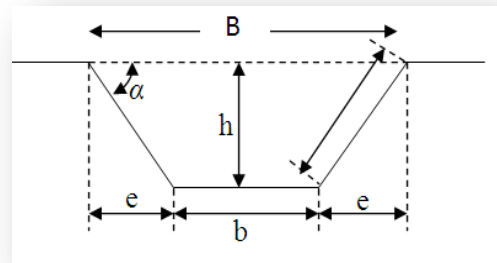
Le prof il en travers hypothétique de fossés est donné dans la figure :

S_m : surface mouillée.

U : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique $R = S_m / U$

P : pente du talus $P = 1/n$

➤ Calcul du débit de saturation (Q_s):➔ La section mouillée :

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

Avec : $1/\tan \alpha = n$, d'où : $e = n.h$

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

➔ Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

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

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

➔ Le Rayon hydraulique :

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

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

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

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

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

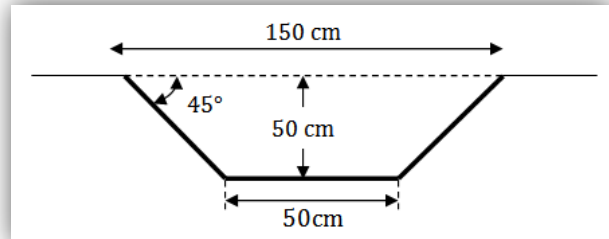
K_{ST} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}} \Rightarrow H = \left[\frac{0.460}{70 \times 0.5 \times 0.001^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.65 \times h]^{2/5}}{1 + 2h}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur $H = 0.47$ m.
Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard

(b=50 cm, H=50 cm, B=150 cm).



❖ Système de drainage transversal :

L'écoulement des bassins versants se draine à travers la route via des ponts, des dalots et des buses.

➤ **Dimensionnement des buses :**

On a fait le dimensionnement des buses au **PK 14+451**, où nous avons un écoulement. Pour dimensionner les buses on prend

$$Q_a = Q_s$$

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

➔ **Section et périmètre mouillés :**

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

$$H_r = 0,75 \varnothing \quad \text{si } \varnothing \leq 1 \text{ m}, \quad \varnothing : \text{diamètre de la buse.}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \quad \text{si } \varnothing > 1 \text{ m}$$

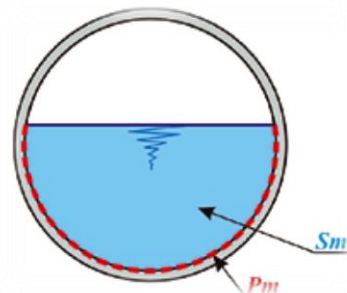
$$S_m : \text{surface mouillée.} \quad S_m = \frac{4}{5} \times \pi \times R^2$$

$$P_m : \text{le périmètre mouillé.} \quad P_m = \frac{4}{3} \times \pi \times R$$

$$R_h : \text{rayon hydraulique.} \quad R_h = \frac{3}{5} \times R$$

R : rayon de la buse.

$K_{ST} = 80$ (pour les buses)



I : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation du d'écoulement à 4m/s.

pour notre cas ; On a $I = 1.65 \%$

Au Pk 14+451

On a: $Q_a = 2.55 \text{ m}^3/\text{s}$.

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

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

$$R = \left[1.75 \frac{Q_a}{K_{ST} \cdot \pi \cdot I^{1/2}} \right]^{3/8} \Rightarrow R = 476 \text{ mm}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que :

$\Phi 400, \Phi 600, \Phi 800, \Phi 1000, \Phi 1200, \Phi 1500 \dots \text{etc.}$

Donc: on prend $R = 500\text{mm}$ D'où:

$\Phi = 1000\text{mm}$

Au Pk 10+208

On a: $Q_a = 0.488 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$R = \left[1.75 \frac{Q_a}{K_{ST} \cdot \pi \cdot I^{1/2}} \right]^{3/8} \Rightarrow R = 253 \text{ mm}$$

Donc: on prend $R = 300\text{mm}$ D'où:

$\Phi = 600\text{mm}$

❖ **Tableau récapitulatif des Ouvrages D'art:**

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

N° BV	PK	Type	Dimensions
1	7+525	Buses	Ø1000
2	8+755	Buses	Ø1000
3	9+175	Buses	Ø1000
4	10+208	Buses	Ø600
5	10+460	Buses	Ø1000
6	11+420	Buses	Ø1000
7	11+705	Buses	Ø1000
8	12+380	Buses	Ø1000
9	12+655	Buses	Ø1000
10	13+765	Buses	Ø1000
11	14+451	Buses	Ø1000
12	14+550	Buses	Ø600

REMARQUE :

Nous avons choisi des buses à diamètre plus grande pour faciliter l'entretien et le nettoyage des sédiments.

SIGNALISATION

1) Introduction

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

2) Dispositifs retenue :

Les dispositifs de retenue ne doivent être implantés que si le risque en leur absence le justifie car eux –même constituent des obstacles.

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

- Les dispositifs souples qui se déforment sous l'effet du choc (cas des glissières métalliques).
- Les dispositifs rigides (cas des glissières en béton adhérent).

3) les types de signalisation :

On distingue : 1)-signalisation horizontale.

2)-signalisation verticale.

3.1) Signalisations horizontales :

On distingue :

3.1.a) Lignes longitudinales :

- ❖ **les lignes continues** : ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
- ❖ **les lignes discontinues** : sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive). voir le tableau ci après :

➤ Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m, le tableau et leur schéma correspondant donnent les différents types de modulation. (Figure 1)

Tableau -1- type des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T_1	3.00	10.00	$\sim 1/3$
T_1'	1.50	5.00	
T_2	3.00	3.5	~ 1
T_2'	0.50	0.50	
T_3	3.00	1.33	~ 3
T_3'	20.00	6.00	

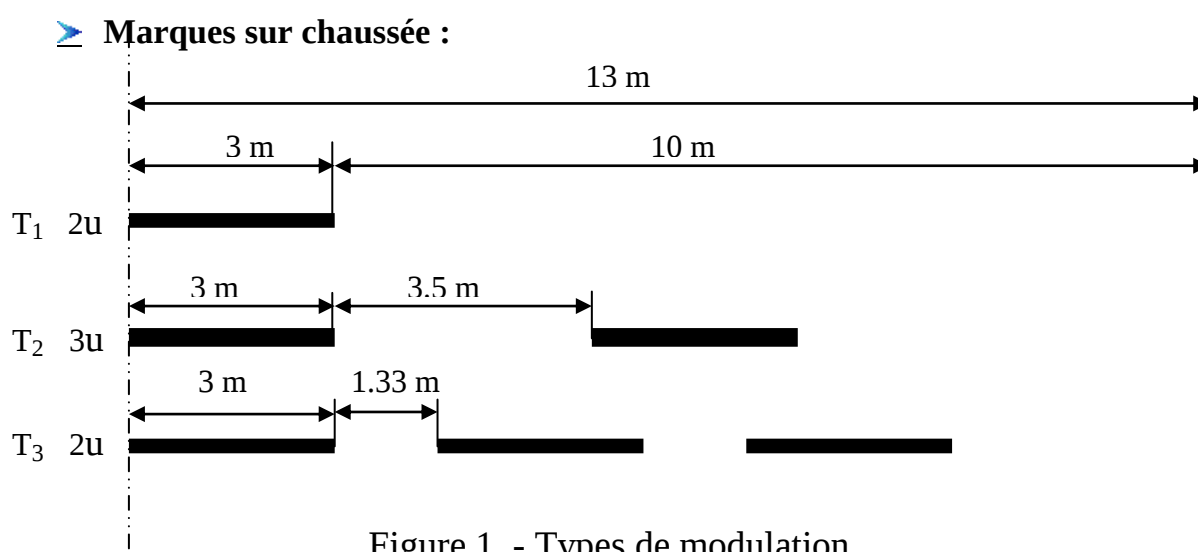


Figure 1 - Types de modulation
Référence signalisation routière (art-144)

T1 2U : ligne axiale ou délimitation de voie.

T2 3U : ligne de rive.

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

❖ **Les lignes mixtes** : sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

3.1. b) Lignes transversales : on distingue :

❖ **Ligne stop** : c'est une ligne continue qui oblige les usagers à arrêt.

3.1.C) Autres signalisation :

❖ **Les flèches de rabattement** :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

❖ Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doivent suivre la direction indiquée.

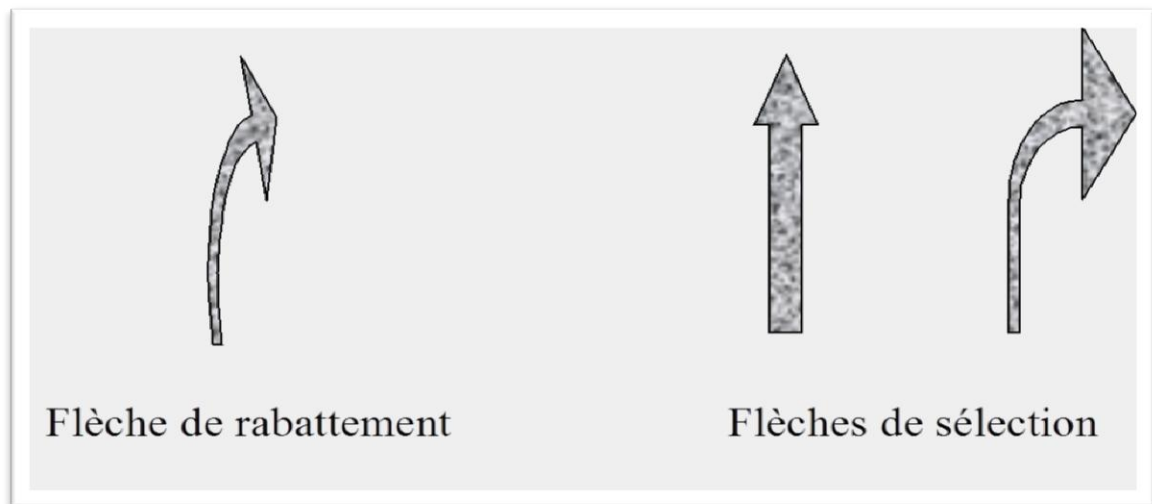


Figure 2– Flèche de signalisation

➤ Largeur des lignes :

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

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm

3.2) Signalisations verticales : elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

❖ Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

❖ Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

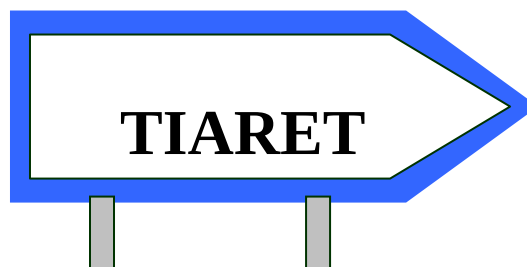
❖ **Signalisation de direction :**

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

4) Application au projet :

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

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

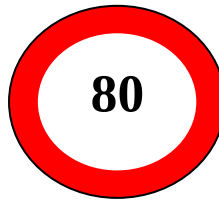


SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)

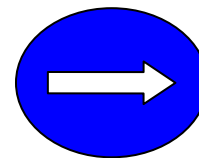
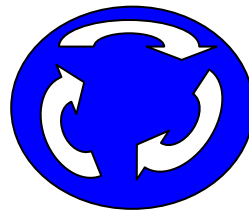
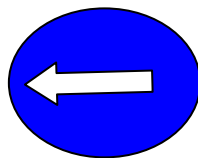
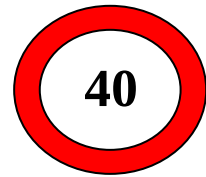
Signaux d'interdiction ou de restriction



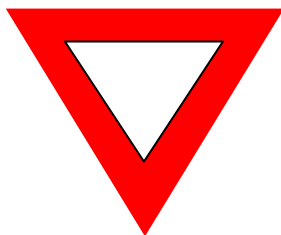
C5-HAUTEUR LIMITE GABARIE



VITESSES LIMITEES C 11-a

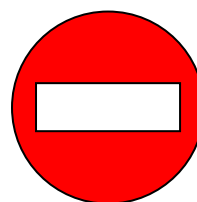


Signalisation pour carrefour



STOP
150m

A24- Arrêt à 150 m



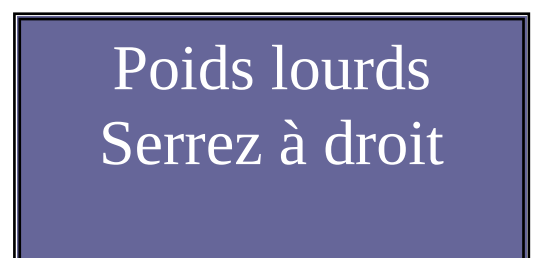
SENSE INTERDIT C1



type A



pré signalisation E1



ECLAIRAGE

1) Introduction

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est à dire voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours, l'échangeurs.....etc.).

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.

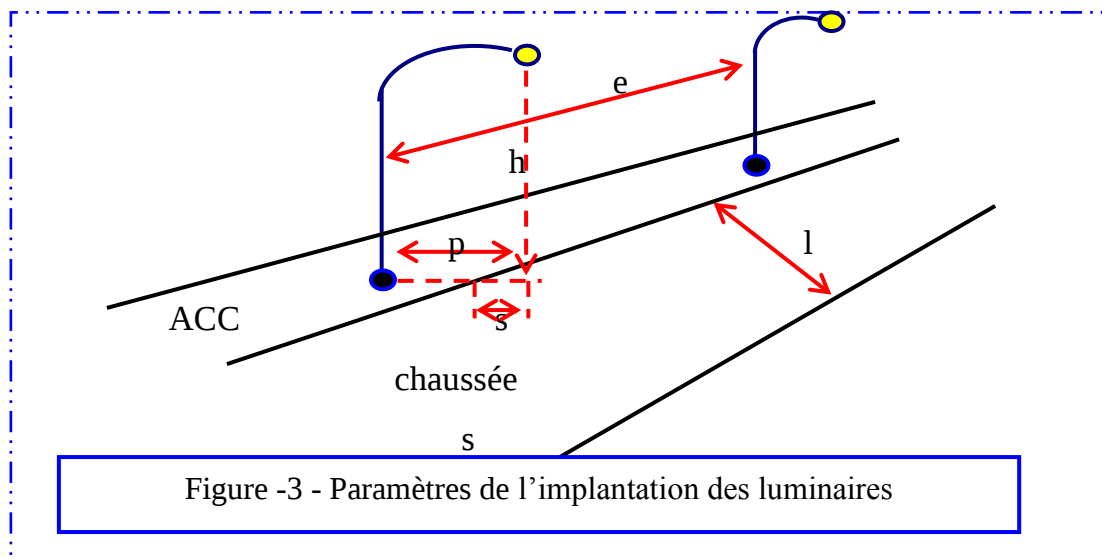
➤ Eclairage d'un point singulier :

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

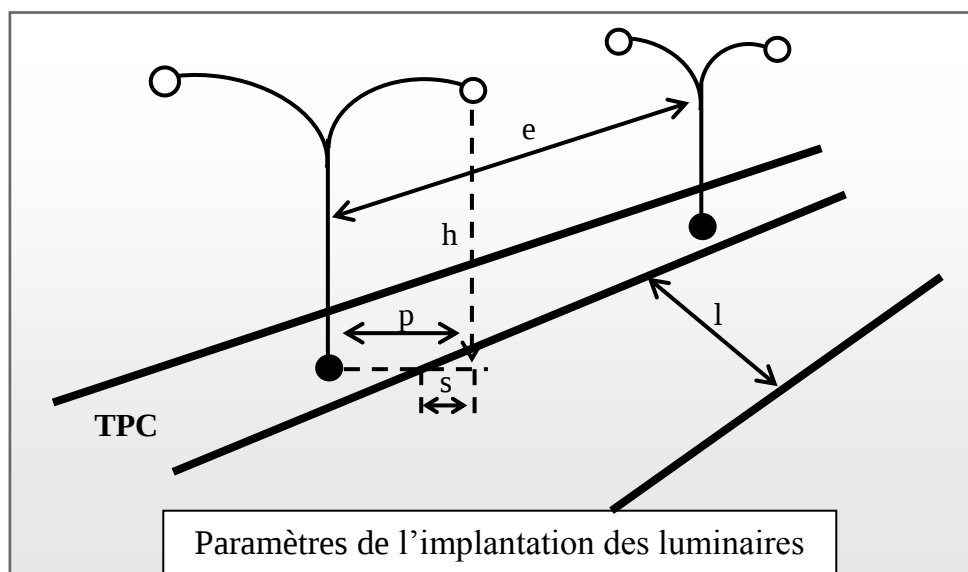
- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène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

2) Paramètre de l'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires qui 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.



3) Application au projet :



➤ **Eclairage de la voie (le long de la route) :**

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

NB :

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m. a long de notre trace

Les points singuliers notamment les intersections (carrefours giratoires), ils doivent être bien éclairés de raison du croisement des véhicules au niveau de ces derniers.

Devis Quantitatif et Estimatif

designation	unite	prix unitaire(en DA)	quantité	montant
1) Acuisition de terrain	M2	2000	88869.2	177738400
total(1)=			177738400	
2) L'installation de chantier et repliement	F		3% du total (3+4+5)	
Total(2)=			19298430.33	
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	m2	250	48	12000
Déplacement des poteaux électriques	Unité	300000	10	3000000
Total(3)=			3012000	
4) Terrassement				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	M3	80	2240.4	179232
déblais mis en remblais	M3	450	0	0
deblais mis en dépôts	M3	240	193058	46333920
remblais d'emprunt	M3	677	185287	125439299
Total(4)=	171952451			171952451
5) chaussée				
couche de forme en TUF	M3	800	48794.85	39035880
Couche de fondation en GNT	M3	2635	36596.15	96430855.25
Couche de base en grave bitume GB	T	4500	51529.2	231881400
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	45000	73.1864	3293388
Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m2	T	42000	20.9104	878236.8
Couche de roulement en béton bitumineux BB	T	6000	16132.8	96796800
Total(5)=	468316560.1			468316560.1
6) Ouvrage d'art	M2	52000	0	0
Total(6)=	0			
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F		10% du total (3+4+5)	
Total(7)=	64328101.11			
8) Impact sur l'environnement	F		1% du total (3+4+5)	
Total(8)=	6432810.111			
9) Déviation des réseaux	F		3% du total (3+4+5)	
Total(9)=	0			
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F		5% du total (3+4+5)	
Total(10)=	32164050.55			
11) Contrôle (bureau d'etude et laboratoire)	F		2% du total (3+4+5)	
Total(11)=	12865620.22			
TOTAL (HT)	956108423.4			
TVA 17% (TOTAL(HT))	162538432			
TTC TOTAL(HT) + TVA	1118646855.34			

Le devis a été estimé à une somme de: Un milliard cent dix huit millions six cent quarante six mille huit cent cinquante cinq Dinars Algérien

Conclusion générale :

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'école nationale supérieur des travaux publics.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment l'AUTOPISTE, PISTE 5.05 et l'AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps l'a prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

Bibliographie

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**C .T.T.P.**).
- ENSTP anciennes mémoires de fin d'études.
- Cours de routes 4^{ème} année ENTSP.
- Cours hydraulique 4^{ème} année ENSTP.
- cours de routes 5^{ème} année ENTSP.
- Signalisation routière
- S.E.T.R.A (Carrefours dénivelés).

AXE EN PLAN					
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0	8973.107	1153.416
DROI	GIS = 88.053g	306.093			
			306.093	9273.826	1210.523
ARC	XC= 8993.977				
	YC= 2684.186				
	R = 1500.000	331.045			
			637.138	9589.637	1307.527
DROI	GIS = 74.003g	880.584			
			1517.722	10397.813	1657.213
ARC	XC= 11192.026				
	YC= -178.332				
	R = -2000.000	143.959			
			1661.682	10531.877	1709.578
DROI	GIS = 78.585g	410.913			
			2072.594	10919.76	1845.21
ARC	XC= 10424.649				
	YC= 3261.142				
	R = 1500.000	766.379			
			2838.973	11548.894	2268.131
DROI	GIS = 46.059g	394.139			
			3233.113	11809.817	2563.537
ARC	XC= 12859.113				
	YC= 1636.726				
	R = -1400.000	450.853			
			3683.966	12157.095	2847.994
DROI	GIS = 66.561g	249.049			
			3933.015	12372.57	2972.878
CLOT	A = 257.876				
	Rf= -500.000	133			
			4066.015	12490.39	3034.356
ARC	XC= 12681.531				
	YC= 2572.333				
	R = -500.000	129.39			
			4195.405	12614.987	3067.885
CLOT	Rd= -500.000				
	A = 257.876	133			
			4328.405	12747.749	3073.839
DROI	GIS = 99.969g	637.79			
			4966.195	13385.539	3074.147
ARC	XC= 13384.862				
	YC= 4474.147				
	R = 1400.000	225.726			

			5191.921	13610.279	3092.414
DROI	GIS = 89.705g	564.837			
			5756.758	14167.747	3183.36
CLOT	A = 257.876				
	Rf= 500.000	133			
			5889.758	14297.831	3210.548
ARC	XC= 14152.597				
	YC= 3688.991				
	R = 500.000	270.415			
			6160.173	14523.429	3353.605
CLOT	Rd= 500.000				
	A = 257.876	133			
			6293.173	14603.493	3459.675
DROI	GIS = 38.340g	272.939			
			6566.113	14758.112	3684.595
ARC	XC= 13604.424				
	YC= 4477.691				
	R = 1400.000	300.867			
			6866.98	14900.705	3948.868
DROI	GIS = 24.659g	196.645			
			7063.625	14974.984	4130.945
ARC	XC= 16271.266				
	YC= 3602.122				
	R = -1400.000	210.848			
			7274.473	15069.001	4319.449
DROI	GIS = 34.247g	193.491			
			7467.964	15168.141	4485.611
LONGUEUR DE L'AXE 7467.964					

PROFIL EN LONG				
ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0	1015.937
DROI	PENTE= -0.966 %	299.703		
			299.703	1013.042
PARA	S= 589.5246 Z=1011.6420			
	R = 30000.00	103.571		
			403.273	1012.22
DROI	PENTE= -0.621 %	636.284		
			1039.557	1008.27
PARA	S= 1225.8081 Z=1007.6917			
	R = 30000.00	339.7		
			1379.257	1008.084
DROI	PENTE= 0.511 %	816.724		

			2195.981	1012.262
PARA	S= 2272.7059 Z=1012.4579			
	R = -15000.00	418.25		
			2614.232	1008.57
DROI	PENTE= -2.277 %	346.227		
			2960.459	1000.687
PARA	S= 3074.3007 Z= 999.3909			
	R = 5000.00	141.908		
			3102.367	999.47
DROI	PENTE= 0.561 %	195.106		
			3297.473	1000.565
PARA	S= 3269.4071 Z=1000.4861			
	R = 5000.00	107.871		
			3405.344	1002.334
DROI	PENTE= 2.719 %	167.099		
			3572.443	1006.877
PARA	S= 3708.3797 Z=1008.7248			
	R = -5000.00	246.779		
			3819.222	1007.496
DROI	PENTE= -2.367 %	267.624		
			4086.846	1001.161
PARA	S= 4276.2301 Z= 998.9191			
	R = 8000.00	232.918		
			4319.764	999.038
DROI	PENTE= 0.544 %	489.23		
			4808.994	1001.7
PARA	S= 4890.6206 Z=1001.9219			
	R = -15000.00	222.012		
			5031.006	1001.265
DROI	PENTE= -0.936 %	521.413		
			5552.419	996.385
PARA	S= 5627.2909 Z= 996.0347			
	R = 8000.00	117.952		
			5670.37	996.151
DROI	PENTE= 0.718 %	629.93		
			6300.3	1000.673
PARA	S= 6407.9898 Z=1001.0597			
	R = -15000.00	179.4		
			6479.7	1000.888
DROI	PENTE= -0.478 %	988.264		
			7467.964	996.164
LONGUEUR DE L'AXE 7467.964				

TABULATION								
N° PRO F	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0	1015.937	1015.937	8973.107	1153.416	188.053g	2.5	-2.5
2	30	1014.69	1015.648	9002.58	1159.013	188.053g	2.5	-2.5
3	60	1015.154	1015.358	9032.053	1164.61	188.053g	2.5	-2.5
4	90	1015.332	1015.068	9061.527	1170.207	188.053g	2.5	-2.5
5	120	1014.773	1014.778	9091	1175.804	188.053g	2.5	-2.5
6	150	1013.762	1014.488	9120.473	1181.401	188.053g	2.5	-2.5
7	180	1012.79	1014.198	9149.947	1186.998	188.053g	2.5	-2.5
8	210	1011.911	1013.909	9179.42	1192.595	188.053g	2.5	-2.5
9	240	1011.356	1013.619	9208.893	1198.192	188.053g	2.5	-2.5
10	270	1010.955	1013.329	9238.366	1203.789	188.053g	2.5	-2.5
11	300	1010.572	1013.039	9267.84	1209.386	188.053g	2.5	-2.5
12	330	1010.089	1012.765	9297.276	1215.17	187.038g	2.5	-2.5
13	360	1009.95	1012.52	9326.594	1221.529	185.765g	2.5	-2.5
14	390	1009.788	1012.305	9355.779	1228.473	184.492g	2.5	-2.5
15	420	1009.595	1012.116	9384.819	1236	183.218g	2.5	-2.5
16	450	1009.48	1011.93	9413.702	1244.106	181.945g	2.5	-2.5
17	480	1009.374	1011.744	9442.418	1252.788	180.672g	2.5	-2.5
18	510	1009.271	1011.558	9470.954	1262.043	179.399g	2.5	-2.5
19	540	1009.172	1011.371	9499.3	1271.866	178.126g	2.5	-2.5
20	570	1009.095	1011.185	9527.443	1282.254	176.852g	2.5	-2.5
21	600	1009.028	1010.999	9555.374	1293.203	175.579g	2.5	-2.5
22	630	1008.96	1010.813	9583.079	1304.709	174.306g	2.5	-2.5
23	660	1008.903	1010.626	9610.619	1316.606	174.003g	2.5	-2.5
24	690	1008.849	1010.44	9638.152	1328.519	174.003g	2.5	-2.5
25	720	1008.847	1010.254	9665.685	1340.433	174.003g	2.5	-2.5
26	750	1008.858	1010.068	9693.218	1352.346	174.003g	2.5	-2.5
27	780	1008.796	1009.881	9720.752	1364.259	174.003g	2.5	-2.5
28	810	1008.667	1009.695	9748.285	1376.172	174.003g	2.5	-2.5
29	840	1008.64	1009.509	9775.818	1388.085	174.003g	2.5	-2.5
30	870	1008.864	1009.323	9803.351	1399.999	174.003g	2.5	-2.5
31	900	1009.118	1009.136	9830.884	1411.912	174.003g	2.5	-2.5
32	930	1009.574	1008.95	9858.418	1423.825	174.003g	2.5	-2.5
33	960	1009.3	1008.764	9885.951	1435.738	174.003g	2.5	-2.5
34	990	1008.734	1008.578	9913.484	1447.651	174.003g	2.5	-2.5
35	1020	1008.411	1008.391	9941.017	1459.565	174.003g	2.5	-2.5
36	1050	1008.115	1008.207	9968.55	1471.478	174.003g	2.5	-2.5
37	1080	1007.82	1008.046	9996.083	1483.391	174.003g	2.5	-2.5
38	1110	1007.623	1007.915	10023.617	1495.304	174.003g	2.5	-2.5
39	1140	1007.521	1007.815	10051.15	1507.217	174.003g	2.5	-2.5
40	1170	1007.414	1007.744	10078.683	1519.131	174.003g	2.5	-2.5
41	1200	1007.19	1007.703	10106.216	1531.044	174.003g	2.5	-2.5

42	1230	1007.16	1007.692	10133.749	1542.957	174.003g	2.5	-2.5
43	1260	1007.157	1007.711	10161.282	1554.87	174.003g	2.5	-2.5
44	1290	1007.293	1007.76	10188.816	1566.783	174.003g	2.5	-2.5
45	1320	1007.519	1007.84	10216.349	1578.697	174.003g	2.5	-2.5
46	1350	1007.518	1007.949	10243.882	1590.61	174.003g	2.5	-2.5
47	1380	1007.353	1008.088	10271.415	1602.523	174.003g	2.5	-2.5
48	1410	1007.204	1008.241	10298.948	1614.436	174.003g	2.5	-2.5
49	1440	1007.092	1008.395	10326.481	1626.349	174.003g	2.5	-2.5
50	1470	1006.976	1008.548	10354.015	1638.263	174.003g	2.5	-2.5
51	1500	1006.973	1008.702	10381.548	1650.176	174.003g	2.5	-2.5
52	1530	1007.06	1008.855	10409.096	1662.054	174.394g	2.5	-2.5
53	1560	1007.041	1009.009	10436.789	1673.591	175.349g	2.5	-2.5
54	1590	1006.933	1009.162	10464.651	1684.711	176.304g	2.5	-2.5
55	1620	1007.074	1009.316	10492.678	1695.411	177.258g	2.5	-2.5
56	1650	1007.217	1009.469	10520.862	1705.69	178.213g	2.5	-2.5
57	1680	1007.309	1009.622	10549.169	1715.625	178.585g	2.5	-2.5
58	1710	1007.24	1009.776	10577.488	1725.527	178.585g	2.5	-2.5
59	1740	1007.171	1009.929	10605.806	1735.429	178.585g	2.5	-2.5
60	1770	1007.193	1010.083	10634.125	1745.331	178.585g	2.5	-2.5
61	1800	1007.342	1010.236	10662.444	1755.234	178.585g	2.5	-2.5
62	1830	1007.39	1010.39	10690.762	1765.136	178.585g	2.5	-2.5
63	1860	1007.596	1010.543	10719.081	1775.038	178.585g	2.5	-2.5
64	1890	1007.771	1010.697	10747.4	1784.94	178.585g	2.5	-2.5
65	1920	1007.737	1010.85	10775.718	1794.843	178.585g	2.5	-2.5
66	1950	1007.577	1011.003	10804.037	1804.745	178.585g	2.5	-2.5
67	1980	1007.34	1011.157	10832.355	1814.647	178.585g	2.5	-2.5
68	2010	1007.034	1011.31	10860.674	1824.549	178.585g	2.5	-2.5
69	2040	1007.835	1011.464	10888.993	1834.451	178.585g	2.5	-2.5
70	2070	1008.47	1011.617	10917.311	1844.354	178.585g	2.5	-2.5
71	2100	1009.319	1011.771	10945.546	1854.492	177.422g	2.5	-2.5
72	2130	1010.212	1011.924	10973.573	1865.19	176.149g	2.5	-2.5
73	2160	1010.954	1012.078	11001.38	1876.447	174.876g	2.5	-2.5
74	2190	1011.679	1012.231	11028.957	1888.258	173.602g	2.5	-2.5
75	2220	1012.47	1012.365	11056.292	1900.618	172.329g	2.5	-2.5
76	2250	1013.293	1012.441	11083.374	1913.522	171.056g	2.5	-2.5
77	2280	1014.064	1012.456	11110.193	1926.965	169.783g	2.5	-2.5
78	2310	1014.583	1012.412	11136.738	1940.942	168.509g	2.5	-2.5
79	2340	1015.113	1012.307	11162.998	1955.447	167.236g	2.5	-2.5
80	2370	1014.35	1012.142	11188.962	1970.474	165.963g	2.5	-2.5
81	2400	1014.679	1011.918	11214.621	1986.017	164.690g	2.5	-2.5
82	2430	1015.835	1011.633	11239.964	2002.071	163.416g	2.5	-2.5
83	2460	1015.959	1011.289	11264.981	2018.628	162.143g	2.5	-2.5
84	2490	1014.199	1010.884	11289.661	2035.682	160.870g	2.5	-2.5
85	2520	1012.681	1010.419	11313.996	2053.226	159.597g	2.5	-2.5

86	2550	1011.627	1009.895	11337.975	2071.253	158.324g	2.5	-2.5
87	2580	1011.046	1009.31	11361.588	2089.757	157.050g	2.5	-2.5
88	2610	1010.494	1008.666	11384.827	2108.728	155.777g	2.5	-2.5
89	2640	1010.3	1007.983	11407.682	2128.161	154.504g	2.5	-2.5
90	2670	1010.158	1007.3	11430.143	2148.047	153.231g	2.5	-2.5
91	2700	1009.935	1006.617	11452.202	2168.378	151.957g	2.5	-2.5
92	2730	1009.645	1005.934	11473.851	2189.147	150.684g	2.5	-2.5
93	2760	1009.378	1005.251	11495.079	2210.344	149.411g	2.5	-2.5
94	2790	1009.156	1004.568	11515.88	2231.961	148.138g	2.5	-2.5
95	2820	1008.814	1003.885	11536.244	2253.99	146.864g	2.5	-2.5
96	2850	1008.488	1003.202	11556.194	2276.395	146.059g	2.5	-2.5
97	2880	1008.714	1002.519	11576.054	2298.88	146.059g	2.5	-2.5
98	2910	1009.026	1001.836	11595.914	2321.365	146.059g	2.5	-2.5
99	2940	1002.997	1001.153	11615.774	2343.85	146.059g	2.5	-2.5
100	2970	999.687	1000.479	11635.635	2366.335	146.059g	2.5	-2.5
101	3000	998.918	999.943	11655.495	2388.82	146.059g	2.5	-2.5
102	3030	998.152	999.587	11675.355	2411.304	146.059g	2.5	-2.5
103	3060	997.843	999.411	11695.215	2433.789	146.059g	2.5	-2.5
104	3090	998.018	999.416	11715.076	2456.274	146.059g	2.5	-2.5
105	3120	998.622	999.569	11734.936	2478.759	146.059g	2.5	-2.5
106	3150	999.295	999.737	11754.796	2501.244	146.059g	2.5	-2.5
107	3180	998.206	999.905	11774.656	2523.729	146.059g	2.5	-2.5
108	3210	996.882	1000.074	11794.517	2546.214	146.059g	2.5	-2.5
109	3240	996.129	1000.242	11814.389	2568.688	146.372g	2.5	-2.5
110	3270	995.935	1000.411	11834.598	2590.859	147.736g	2.5	-2.5
111	3300	995.92	1000.58	11855.278	2612.592	149.101g	2.5	-2.5
112	3330	996.985	1000.853	11876.418	2633.877	150.465g	2.5	-2.5
113	3360	998.344	1001.307	11898.01	2654.704	151.829g	2.5	-2.5
114	3390	999.565	1001.94	11920.042	2675.064	153.193g	2.5	-2.5
115	3420	1000.573	1002.732	11942.506	2694.947	154.557g	2.5	-2.5
116	3450	1001.207	1003.548	11965.391	2714.344	155.922g	2.5	-2.5
117	3480	1000.937	1004.364	11988.686	2733.247	157.286g	2.5	-2.5
118	3510	1000.392	1005.179	12012.381	2751.645	158.650g	2.5	-2.5
119	3540	1000.611	1005.995	12036.465	2769.532	160.014g	2.5	-2.5
120	3570	1000.977	1006.81	12060.926	2786.899	161.378g	2.5	-2.5
121	3600	1001.894	1007.55	12085.754	2803.738	162.742g	2.5	-2.5
122	3630	1002.993	1008.11	12110.937	2820.04	164.107g	2.5	-2.5
123	3660	1004.649	1008.491	12136.464	2835.8	165.471g	2.5	-2.5
124	3690	1008.775	1008.691	12162.316	2851.02	166.561g	2.5	-2.5
125	3720	1009.759	1008.711	12188.272	2866.063	166.561g	2.5	-2.5
126	3750	1008.829	1008.552	12214.227	2881.106	166.561g	2.5	-2.5
127	3780	1008.529	1008.212	12240.183	2896.15	166.561g	2.5	-2.5
128	3810	1007.952	1007.692	12266.139	2911.193	166.561g	2.5	-2.5
129	3840	1007.161	1007.004	12292.095	2926.236	166.561g	2.5	-2.5

130	3870	1006.464	1006.294	12318.05	2941.279	166.561g	2.5	-2.5
131	3900	1005.335	1005.584	12344.006	2956.323	166.561g	2.5	-2.5
132	3930	1003.982	1004.874	12369.962	2971.366	166.561g	2.5	-2.5
133	3960	1002.875	1004.164	12395.942	2986.366	166.909g	1.33	-2.5
134	3990	1001.641	1003.453	12422.103	3001.049	168.115g	0.02	-2.5
135	4020	1000.965	1002.743	12448.632	3015.055	170.182g	-1.29	-2.5
136	4050	999.966	1002.033	12475.688	3028.008	173.111g	-2.59	-2.59
137	4080	999.605	1001.323	12503.386	3039.521	176.808g	-3.29	-3.29
138	4110	997.791	1000.646	12531.721	3049.363	180.628g	-3.29	-3.29
139	4140	997.498	1000.079	12560.596	3057.488	184.448g	-3.29	-3.29
140	4170	996.593	999.624	12589.905	3063.866	188.268g	-3.29	-3.29
141	4200	996.753	999.282	12619.544	3068.476	192.077g	-3.09	-3.09
142	4230	996.925	999.053	12649.398	3071.404	195.334g	-1.78	-2.5
143	4260	996.873	998.936	12679.353	3073.003	197.729g	-0.48	-2.5
144	4290	998.718	998.931	12709.345	3073.678	199.263g	0.83	-2.5
145	4320	1000.509	999.039	12739.344	3073.833	199.935g	2.13	-2.5
146	4350	1001.323	999.202	12769.344	3073.849	199.969g	2.5	-2.5
147	4380	1001.398	999.365	12799.344	3073.864	199.969g	2.5	-2.5
148	4410	1000.986	999.529	12829.344	3073.878	199.969g	2.5	-2.5
149	4440	998.872	999.692	12859.344	3073.893	199.969g	2.5	-2.5
150	4470	997.121	999.855	12889.344	3073.907	199.969g	2.5	-2.5
151	4500	996.343	1000.018	12919.344	3073.922	199.969g	2.5	-2.5
152	4530	995.692	1000.182	12949.344	3073.936	199.969g	2.5	-2.5
153	4560	995.689	1000.345	12979.344	3073.951	199.969g	2.5	-2.5
154	4590	995.997	1000.508	13009.344	3073.965	199.969g	2.5	-2.5
155	4620	998.077	1000.671	13039.344	3073.98	199.969g	2.5	-2.5
156	4650	999.737	1000.835	13069.344	3073.994	199.969g	2.5	-2.5
157	4680	1000.059	1000.998	13099.344	3074.009	199.969g	2.5	-2.5
158	4710	1000.686	1001.161	13129.344	3074.023	199.969g	2.5	-2.5
159	4740	1002.771	1001.324	13159.344	3074.038	199.969g	2.5	-2.5
160	4770	1005.411	1001.488	13189.344	3074.052	199.969g	2.5	-2.5
161	4800	1007.053	1001.651	13219.344	3074.067	199.969g	2.5	-2.5
162	4830	1007.631	1001.799	13249.344	3074.081	199.969g	2.5	-2.5
163	4860	1007.73	1001.891	13279.344	3074.096	199.969g	2.5	-2.5
164	4890	1007.747	1001.922	13309.344	3074.11	199.969g	2.5	-2.5
165	4920	1007.865	1001.893	13339.344	3074.125	199.969g	2.5	-2.5
166	4950	1008.082	1001.804	13369.344	3074.139	199.969g	2.5	-2.5
167	4980	1007.802	1001.656	13399.344	3074.222	199.341g	2.5	-2.5
168	5010	1005.855	1001.447	13429.337	3074.854	197.977g	2.5	-2.5
169	5040	1002.741	1001.181	13459.309	3076.128	196.613g	2.5	-2.5
170	5070	1000.371	1000.9	13489.247	3078.044	195.249g	2.5	-2.5
171	5100	997.605	1000.619	13519.138	3080.601	193.885g	2.5	-2.5
172	5130	996.689	1000.339	13548.966	3083.798	192.521g	2.5	-2.5
173	5160	996.074	1000.058	13578.719	3087.634	191.156g	2.5	-2.5

174	5190	996.152	999.777	13608.384	3092.106	189.792g	2.5	-2.5
175	5220	995.98	999.496	13637.992	3096.935	189.705g	2.5	-2.5
176	5250	996.25	999.215	13667.601	3101.765	189.705g	2.5	-2.5
177	5280	997.264	998.935	13697.209	3106.596	189.705g	2.5	-2.5
178	5310	997.798	998.654	13726.818	3111.426	189.705g	2.5	-2.5
179	5340	997.396	998.373	13756.427	3116.256	189.705g	2.5	-2.5
180	5370	996.482	998.092	13786.035	3121.087	189.705g	2.5	-2.5
181	5400	995.541	997.812	13815.644	3125.917	189.705g	2.5	-2.5
182	5430	995.148	997.531	13845.252	3130.747	189.705g	2.5	-2.5
183	5460	994.853	997.25	13874.861	3135.578	189.705g	2.5	-2.5
184	5490	994.665	996.969	13904.469	3140.408	189.705g	2.5	-2.5
185	5520	994.687	996.688	13934.078	3145.239	189.705g	2.5	-2.5
186	5550	994.954	996.408	13963.687	3150.069	189.705g	2.5	-2.5
187	5580	995.357	996.174	13993.295	3154.899	189.705g	2.5	-2.5
188	5610	995.812	996.053	14022.904	3159.73	189.705g	2.5	-2.5
189	5640	995.537	996.045	14052.512	3164.56	189.705g	2.5	-2.5
190	5670	995.443	996.149	14082.121	3169.39	189.705g	2.5	-2.5
191	5700	995.319	996.363	14111.729	3174.221	189.705g	2.5	-2.5
192	5730	995.626	996.579	14141.338	3179.051	189.705g	2.5	-2.5
193	5760	995.659	996.794	14170.947	3183.882	189.700g	2.5	-2.36
194	5790	995.551	997.01	14200.54	3188.803	189.176g	2.5	-1.05
195	5820	995.664	997.225	14230.056	3194.167	187.790g	2.5	0.25
196	5850	995.687	997.44	14259.406	3200.371	185.543g	2.5	1.56
197	5880	995.989	997.656	14288.468	3207.803	182.435g	2.87	2.87
198	5910	996.191	997.871	14317.076	3216.818	178.660g	3.29	3.29
199	5940	996.383	998.086	14345.094	3227.531	174.841g	3.29	3.29
200	5970	996.594	998.302	14372.418	3239.904	171.021g	3.29	3.29
201	6000	996.681	998.517	14398.952	3253.894	167.201g	3.29	3.29
202	6030	996.664	998.733	14424.599	3269.449	163.382g	3.29	3.29
203	6060	996.621	998.948	14449.267	3286.514	159.562g	3.29	3.29
204	6090	997.008	999.163	14472.867	3305.028	155.742g	3.29	3.29
205	6120	997.469	999.379	14495.314	3324.924	151.922g	3.29	3.29
206	6150	997.642	999.594	14516.529	3346.129	148.103g	3.29	3.29
207	6180	997.83	999.81	14536.448	3368.556	144.471g	2.5	2.43
208	6210	998.13	1000.025	14555.2	3391.97	141.652g	2.5	1.12
209	6240	998.33	1000.24	14573.061	3416.073	139.694g	2.5	-0.19
210	6270	998.981	1000.456	14590.339	3440.597	138.597g	2.5	-1.49
211	6300	1000.152	1000.671	14607.36	3465.301	138.340g	2.5	-2.5
212	6330	1002.18	1000.857	14624.355	3490.023	138.340g	2.5	-2.5
213	6360	1003.124	1000.983	14641.35	3514.745	138.340g	2.5	-2.5
214	6390	1003.188	1001.049	14658.345	3539.467	138.340g	2.5	-2.5
215	6420	1002.882	1001.055	14675.34	3564.189	138.340g	2.5	-2.5
216	6450	1002.057	1001.001	14692.335	3588.91	138.340g	2.5	-2.5
217	6480	1000.281	1000.887	14709.33	3613.632	138.340g	2.5	-2.5

218	6510	998.596	1000.744	14726.325	3638.354	138.340g	2.5	-2.5
219	6540	997.108	1000.6	14743.319	3663.076	138.340g	2.5	-2.5
220	6570	996.754	1000.457	14760.31	3687.801	138.164g	2.5	-2.5
221	6600	996.57	1000.313	14776.97	3712.75	136.799g	2.5	-2.5
222	6630	996.661	1000.17	14793.091	3738.049	135.435g	2.5	-2.5
223	6660	996.711	1000.026	14808.666	3763.688	134.071g	2.5	-2.5
224	6690	997.17	999.883	14823.688	3789.656	132.707g	2.5	-2.5
225	6720	997.641	999.74	14838.151	3815.939	131.343g	2.5	-2.5
226	6750	998.537	999.596	14852.047	3842.526	129.979g	2.5	-2.5
227	6780	999.437	999.453	14865.37	3869.404	128.614g	2.5	-2.5
228	6810	999.55	999.309	14878.115	3896.562	127.250g	2.5	-2.5
229	6840	999.433	999.166	14890.274	3923.987	125.886g	2.5	-2.5
230	6870	999.108	999.022	14901.846	3951.664	124.659g	2.5	-2.5
231	6900	998.932	998.879	14913.178	3979.442	124.659g	2.5	-2.5
232	6930	998.952	998.736	14924.51	4007.219	124.659g	2.5	-2.5
233	6960	998.706	998.592	14935.842	4034.997	124.659g	2.5	-2.5
234	6990	998.351	998.449	14947.174	4062.774	124.659g	2.5	-2.5
235	7020	997.934	998.305	14958.506	4090.552	124.659g	2.5	-2.5
236	7050	997.866	998.162	14969.838	4118.329	124.659g	2.5	-2.5
237	7080	997.843	998.018	14981.258	4146.07	125.404g	2.5	-2.5
238	7110	997.724	997.875	14993.209	4173.586	126.768g	2.5	-2.5
239	7140	997.705	997.732	15005.747	4200.84	128.132g	2.5	-2.5
240	7170	997.812	997.588	15018.867	4227.819	129.496g	2.5	-2.5
241	7200	997.241	997.445	15032.561	4254.51	130.860g	2.5	-2.5
242	7230	996.334	997.301	15046.824	4280.902	132.225g	2.5	-2.5
243	7260	995.541	997.158	15061.649	4306.982	133.589g	2.5	-2.5
244	7290	994.881	997.015	15076.956	4332.783	134.247g	2.5	-2.5
245	7320	995.2	996.871	15092.328	4358.546	134.247g	2.5	-2.5
246	7350	995.42	996.728	15107.699	4384.309	134.247g	2.5	-2.5
247	7380	995.152	996.584	15123.07	4410.071	134.247g	2.5	-2.5
248	7410	995.477	996.441	15138.441	4435.834	134.247g	2.5	-2.5
249	7440	995.875	996.297	15153.813	4461.597	134.247g	2.5	-2.5
250	7467.964	996.164	996.164	15168.141	4485.611	134.247g	2.5	-2.5

VOLUMES DE TERRASSEMENT				
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME
1	0	0.3	266.3	109
2	30	147.8	23.8	203.1
3	60	3.1	378.6	211.6
4	90	1.3	755.7	244.7
5	120	2.5	557.7	240.3

6	150	7.4	43.1	197.5
7	180	438.8	0	215.7
8	210	894.1	0	231
9	240	1103.6	0	237.6
10	270	1214.8	0	242.4
11	300	1292.6	0	244.6
12	330	1469.5	0	250
13	360	1380.5	0	247.5
14	390	1340.3	0	246.4
15	420	1336.1	0	245.8
16	450	1275.6	0	243.8
17	480	1204.7	0	241.4
18	510	1131.4	0	239
19	540	1056.3	0	236.5
20	570	968	0	233.6
21	600	871.8	0	230.4
22	630	778.9	0	227.4
23	660	677.7	0	224
24	690	573.2	0	220.2
25	720	439.1	0	215.9
26	750	287.7	0	210.1
27	780	217.7	0	208.3
28	810	165.3	0.5	205.7
29	840	60.4	5	201.4
30	870	0	194.1	190.5
31	900	5.3	527.5	231.7
32	930	1.3	1049.2	253
33	960	1.3	971	250.8
34	990	4.3	635	239.3
35	1020	5.4	566.8	238
36	1050	6.3	483.5	233.2
37	1080	3.5	364.2	211.5
38	1110	5.9	323.3	210.4
39	1140	6.7	317.8	210
40	1170	6.6	295.7	209.1
41	1200	0	162.9	191.8
42	1230	0	151.2	192.4
43	1260	0	139.2	192.9
44	1290	0	188.1	190.6
45	1320	7.2	301.6	210.3
46	1350	6.4	236.5	211.8
47	1380	19.3	43.8	198.4
48	1410	173.8	0.5	206.2
49	1440	362	0	213

50	1470	564.2	0	220.1
51	1500	686.8	0	224.4
52	1530	739.8	0	226.2
53	1560	864	0	229.5
54	1590	1074.3	0	236.5
55	1620	1096.1	0	237.9
56	1650	1083.1	0	235.8
57	1680	1225.9	0	244.3
58	1710	1374.5	0	248.7
59	1740	1545.9	0	253.1
60	1770	1660.2	0	256.1
61	1800	1665.3	0	256
62	1830	1757.1	0	258.4
63	1860	1688.7	0	256
64	1890	1723.8	0	260
65	1920	1869.6	0	263.5
66	1950	2157.3	0	271.1
67	1980	2529.2	0	281.6
68	2010	2977.2	0	293.1
69	2040	2352.8	0	277
70	2070	1900.5	0	263.2
71	2100	1288.3	0	244.7
72	2130	694.9	0	225.6
73	2160	257.8	8.9	209.1
74	2190	6.8	164.1	219.6
75	2220	7.1	616.8	238.9
76	2250	1.3	1221.2	259
77	2280	1.3	1919.5	281.4
78	2310	1.4	2458.7	297.5
79	2340	1.4	3122.5	316.2
80	2370	1.4	2490.4	298.4
81	2400	1.4	3241.3	322.9
82	2430	1.4	4806.9	360.9
83	2460	1.5	5242.7	365.4
84	2490	1.1	3658.2	324.3
85	2520	1.3	2465.9	293.5
86	2550	1.3	1997.1	281.7
87	2580	1.3	2015.6	282.7
88	2610	1.3	2160.6	288.8
89	2640	1.4	2581.3	300.1
90	2670	1.3	3125.7	314.4
91	2700	1.3	3616.1	327.1
92	2730	1.4	4071.7	339.4
93	2760	1.4	4560.5	351.6

94	2790	1.4	5118.3	364.9
95	2820	1.4	5491	372.3
96	2850	1.4	5927.6	382.1
97	2880	1.4	7063.7	404.7
98	2910	1.3	8432.2	430.8
99	2940	1.3	2125.7	286.9
100	2970	25.4	19.7	199.3
101	3000	160.3	0	205.6
102	3030	460.1	0	216.6
103	3060	562.1	0	220.2
104	3090	430.9	0	215.5
105	3120	106.6	0	203.5
106	3150	0	202.5	189.9
107	3180	663.5	0	223.7
108	3210	1916.4	0	263
109	3240	2795.4	0	287.7
110	3270	3147.5	0	293.7
111	3300	3305.8	0	296.9
112	3330	2571.8	0	282.3
113	3360	1762.7	0	260.2
114	3390	1212	0	241.9
115	3420	1042.5	0	237.5
116	3450	1187.3	0	241.1
117	3480	2158.8	0	270.8
118	3510	3485.2	0	305.7
119	3540	4138.3	0	321.7
120	3570	4659.6	0	334.7
121	3600	4459.1	0	330.1
122	3630	3816.9	0	312.5
123	3660	2515	0	279.2
124	3690	5.1	625.9	242.6
125	3720	1.2	1295.1	257.3
126	3750	1.3	761	244.3
127	3780	1.3	796.7	245.8
128	3810	1.4	752.7	245
129	3840	1.4	667.7	241.4
130	3870	1.3	642.5	240.1
131	3900	0.7	381.3	214.1
132	3930	79.8	8.4	201.9
133	3960	377.1	0	213.6
134	3990	791.5	0	227.2
135	4020	849.5	0	232.1
136	4050	1073.1	0	238.1
137	4080	804.8	0	231.4

138	4110	1765.2	0	261.8
139	4140	1923.8	0	270.8
140	4170	1901	0	267.2
141	4200	1569.5	0	256
142	4230	1197.5	0	245.9
143	4260	1026.3	0	237
144	4290	0.8	386.4	225.9
145	4320	1.4	1886.5	282.7
146	4350	1.3	2414.2	296
147	4380	1.2	2312.3	291.1
148	4410	1.3	1666.5	270.4
149	4440	161.9	126.9	231.1
150	4470	1427.2	0	243.2
151	4500	2361.4	0	274.6
152	4530	3100.7	0	289.7
153	4560	3326.5	0	299.7
154	4590	3085.7	0	291.5
155	4620	1433.9	0	250
156	4650	252.3	15.9	208.5
157	4680	148.2	32.5	202.2
158	4710	0	150	195
159	4740	1.3	1705.7	272.9
160	4770	1.2	4428	345.4
161	4800	1.2	6141.3	384.6
162	4830	1.3	6679.9	398.1
163	4860	1.3	6597.6	394.8
164	4890	1.4	6581.8	395.1
165	4920	1.4	6800.8	399.7
166	4950	1.3	7140.6	405.2
167	4980	1.4	6655.9	393.6
168	5010	1.2	4643.8	344
169	5040	1.2	1968.3	279.4
170	5070	102.1	277.4	236.7
171	5100	1501.1	0	243.5
172	5130	2182.2	0	269.6
173	5160	2638.3	0	282.7
174	5190	2380.2	0	279
175	5220	2246.5	0	272.6
176	5250	1657.9	0	251.3
177	5280	680.5	4.7	224.8
178	5310	240.7	225.9	238.6
179	5340	268.6	179	235.5
180	5370	515.6	9.6	219
181	5400	1079.8	0	239.2

182	5430	1222.9	0	242.9
183	5460	1213.5	0	240.4
184	5490	1105.2	0	236.6
185	5520	906.9	0	231.6
186	5550	427.9	0	213.6
187	5580	37	46.7	196.5
188	5610	0.8	375.9	213.6
189	5640	2.8	209.1	206.7
190	5670	4.6	45.9	197.1
191	5700	169.9	2.6	205.7
192	5730	135.8	17.6	203.9
193	5760	239.1	1.8	207.4
194	5790	511.2	0	218.2
195	5820	620.4	0	222.6
196	5850	799.5	0	228.9
197	5880	712.9	0	224.8
198	5910	741.6	0	226.1
199	5940	791.3	0	229.1
200	5970	773.5	0	228.1
201	6000	929.5	0	234.9
202	6030	1095.8	0	239.4
203	6060	1303.2	0	245.8
204	6090	1147.7	0	240.7
205	6120	950.5	0	233.8
206	6150	988.9	0	235.3
207	6180	1015.2	0	236.9
208	6210	934.3	0	234.8
209	6240	882.7	0	231.4
210	6270	471.3	0	216.4
211	6300	0	139.1	194.5
212	6330	1.2	1527.1	265.2
213	6360	1.1	2309.5	286.4
214	6390	1	2381.3	290.2
215	6420	1.3	2052.8	282.8
216	6450	1.2	1390.8	262.6
217	6480	25	83.1	198.6
218	6510	1045.5	0	238.3
219	6540	2222.1	0	272.6
220	6570	2431.2	0	279.1
221	6600	2482.8	0	280.7
222	6630	2267.3	0	274.6
223	6660	2045.2	0	266.9
224	6690	1502.8	0	250.9
225	6720	987.3	0	234.7

226	6750	202.6	0	208.1
227	6780	5.7	544.9	237
228	6810	4.3	709.4	238.4
229	6840	3.9	768.2	240.4
230	6870	0.8	623.4	222.6
231	6900	0.8	595.9	222.3
232	6930	3.8	708.5	237.6
233	6960	6	639.3	238.3
234	6990	0.7	456.1	214.2
235	7020	5	280.3	213.3
236	7050	5.9	319.7	211.1
237	7080	3.1	389.9	211.6
238	7110	0.7	420.7	213.3
239	7140	3.1	547.2	232.5
240	7170	3.8	746.8	245.2
241	7200	0.8	381.8	217.7
242	7230	119.7	6.2	202.6
243	7260	612.4	0	222.2
244	7290	1000.1	0	234.8
245	7320	655.5	0	224.4
246	7350	368	0	213.6
247	7380	458.4	0	216.7
248	7410	121.3	0	204.1
249	7440	0	208.6	182.9
250	7467.964	2.6	254.9	110.5
		185287	193058	62787

VOLUMES CHAUSSEE					
N° PROF	ABSCISSE CURVILIG N	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME
1	0	171.5	45	13.5	76.6
2	30	343	90	27	163.6
3	60	343	90	27	144.3
4	90	343	90	27	167.9
5	120	343	90	27	167.9
6	150	343	90	27	159.9
7	180	343	90	27	178.8
8	210	343	90	27	178.8

9	240	343	90	27	178.8
10	270	343	90	27	178.8
11	300	343	90	27	178.8
12	330	343	90	27	178.8
13	360	343	90	27	178.8
14	390	343	90	27	178.8
15	420	343	90	27	178.8
16	450	343	90	27	178.8
17	480	343	90	27	178.8
18	510	343	90	27	178.8
19	540	343	90	27	178.8
20	570	343	90	27	178.8
21	600	343	90	27	178.8
22	630	343	90	27	178.8
23	660	343	90	27	178.8
24	690	343	90	27	178.8
25	720	343	90	27	178.8
26	750	343	90	27	178
27	780	343	90	27	177
28	810	343	90	27	174
29	840	343	90	27	168.7
30	870	343	90	27	136
31	900	343	90	27	167.9
32	930	343	90	27	167.9
33	960	343	90	27	167.9
34	990	343	90	27	167.9
35	1020	343	90	27	167.9
36	1050	343	90	27	167.9
37	1080	343	90	27	144.8
38	1110	343	90	27	146.1
39	1140	343	90	27	146.2
40	1170	343	90	27	148.9
41	1200	343	90	27	140.6
42	1230	343	90	27	142.8
43	1260	343	90	27	145.1
44	1290	343	90	27	136
45	1320	343	90	27	148.8
46	1350	343	90	27	160.1
47	1380	343	90	27	159.6
48	1410	343	90	27	174.2
49	1440	343	90	27	178.3
50	1470	343	90	27	178.8
51	1500	343	90	27	178.8
52	1530	343	90	27	178.8

53	1560	343	90	27	178.8
54	1590	343	90	27	178.8
55	1620	343	90	27	178.8
56	1650	343	90	27	178.8
57	1680	343	90	27	178.8
58	1710	343	90	27	178.8
59	1740	343	90	27	178.8
60	1770	343	90	27	178.8
61	1800	343	90	27	178.8
62	1830	343	90	27	178.8
63	1860	343	90	27	178.8
64	1890	343	90	27	178.8
65	1920	343	90	27	178.8
66	1950	343	90	27	178.8
67	1980	343	90	27	178.8
68	2010	343	90	27	178.8
69	2040	343	90	27	178.8
70	2070	343	90	27	178.8
71	2100	343	90	27	178.8
72	2130	343	90	27	178.8
73	2160	343	90	27	168.8
74	2190	343	90	27	170.9
75	2220	343	90	27	167.9
76	2250	343	90	27	167.9
77	2280	343	90	27	167.9
78	2310	343	90	27	167.9
79	2340	343	90	27	167.9
80	2370	343	90	27	167.9
81	2400	343	90	27	167.9
82	2430	343	90	27	167.9
83	2460	343	90	27	167.9
84	2490	343	90	27	167.9
85	2520	343	90	27	167.9
86	2550	343	90	27	167.9
87	2580	343	90	27	167.9
88	2610	343	90	27	167.9
89	2640	343	90	27	167.9
90	2670	343	90	27	167.9
91	2700	343	90	27	167.9
92	2730	343	90	27	167.9
93	2760	343	90	27	167.9
94	2790	343	90	27	167.9
95	2820	343	90	27	167.9
96	2850	343	90	27	167.9

97	2880	343	90	27	167.9
98	2910	343	90	27	167.9
99	2940	343	90	27	167.9
100	2970	343	90	27	164.3
101	3000	343	90	27	175.3
102	3030	343	90	27	178.8
103	3060	343	90	27	178.8
104	3090	343	90	27	178.8
105	3120	343	90	27	172.5
106	3150	343	90	27	133.3
107	3180	343	90	27	178.8
108	3210	343	90	27	178.8
109	3240	343	90	27	178.8
110	3270	343	90	27	178.8
111	3300	343	90	27	178.8
112	3330	343	90	27	178.8
113	3360	343	90	27	178.8
114	3390	343	90	27	178.8
115	3420	343	90	27	178.8
116	3450	343	90	27	178.8
117	3480	343	90	27	178.8
118	3510	343	90	27	178.8
119	3540	343	90	27	178.8
120	3570	343	90	27	178.8
121	3600	343	90	27	178.8
122	3630	343	90	27	178.8
123	3660	343	90	27	178.8
124	3690	343	90	27	167.9
125	3720	343	90	27	167.9
126	3750	343	90	27	167.9
127	3780	343	90	27	167.9
128	3810	343	90	27	167.9
129	3840	343	90	27	167.9
130	3870	343	90	27	167.9
131	3900	343	90	27	146.6
132	3930	343	90	27	168.9
133	3960	343.1	90	27	176.1
134	3990	343.2	90	27	173.3
135	4020	343.2	90	27	170.5
136	4050	343.2	90	27	168
137	4080	343.2	90	27	168.2
138	4110	343.2	90	27	168.2
139	4140	343.2	90	27	168.2
140	4170	343.2	90	27	168.2

141	4200	343.2	90	27	168.1
142	4230	343.2	90	27	169.5
143	4260	343.2	90	27	172.2
144	4290	343.1	90	27	166.2
145	4320	343	90	27	167.4
146	4350	343	90	27	167.9
147	4380	343	90	27	167.9
148	4410	343	90	27	167.9
149	4440	343	90	27	173.4
150	4470	343	90	27	178.8
151	4500	343	90	27	178.8
152	4530	343	90	27	178.8
153	4560	343	90	27	178.8
154	4590	343	90	27	178.8
155	4620	343	90	27	178.8
156	4650	343	90	27	165.1
157	4680	343	90	27	156.8
158	4710	343	90	27	150.5
159	4740	343	90	27	167.9
160	4770	343	90	27	167.9
161	4800	343	90	27	167.9
162	4830	343	90	27	167.9
163	4860	343	90	27	167.9
164	4890	343	90	27	167.9
165	4920	343	90	27	167.9
166	4950	343	90	27	167.9
167	4980	343	90	27	167.9
168	5010	343	90	27	167.9
169	5040	343	90	27	167.9
170	5070	343	90	27	173.4
171	5100	343	90	27	178.8
172	5130	343	90	27	178.8
173	5160	343	90	27	178.8
174	5190	343	90	27	178.8
175	5220	343	90	27	178.8
176	5250	343	90	27	178.8
177	5280	343	90	27	170.2
178	5310	343	90	27	173.4
179	5340	343	90	27	173.4
180	5370	343	90	27	168.4
181	5400	343	90	27	178.8
182	5430	343	90	27	178.8
183	5460	343	90	27	178.8
184	5490	343	90	27	178.8

185	5520	343	90	27	178.8
186	5550	343	90	27	178.3
187	5580	343	90	27	153.3
188	5610	343	90	27	146.1
189	5640	343	90	27	158.4
190	5670	343	90	27	157.8
191	5700	343	90	27	172.6
192	5730	343	90	27	167.9
193	5760	343	90	27	172.2
194	5790	343.1	90	27	175.4
195	5820	343.2	90	27	172.7
196	5850	343.2	90	27	169.9
197	5880	343.2	90	27	167.9
198	5910	343.2	90	27	168.2
199	5940	343.2	90	27	168.2
200	5970	343.2	90	27	168.2
201	6000	343.2	90	27	168.2
202	6030	343.2	90	27	168.2
203	6060	343.2	90	27	168.2
204	6090	343.2	90	27	168.2
205	6120	343.2	90	27	168.2
206	6150	343.2	90	27	168.2
207	6180	343.2	90	27	168.1
208	6210	343.2	90	27	170.8
209	6240	343.2	90	27	173.6
210	6270	343.1	90	27	176.5
211	6300	343	90	27	145.2
212	6330	343	90	27	167.9
213	6360	343	90	27	167.9
214	6390	343	90	27	167.9
215	6420	343	90	27	167.9
216	6450	343	90	27	167.9
217	6480	343	90	27	153.5
218	6510	343	90	27	178.8
219	6540	343	90	27	178.8
220	6570	343	90	27	178.8
221	6600	343	90	27	178.8
222	6630	343	90	27	178.8
223	6660	343	90	27	178.8
224	6690	343	90	27	178.8
225	6720	343	90	27	178.8
226	6750	343	90	27	177.6
227	6780	343	90	27	167.9
228	6810	343	90	27	167.9

229	6840	343	90	27	167.9
230	6870	343	90	27	146.1
231	6900	343	90	27	148.1
232	6930	343	90	27	167.9
233	6960	343	90	27	167.9
234	6990	343	90	27	143.1
235	7020	343	90	27	155.6
236	7050	343	90	27	148.9
237	7080	343	90	27	143.7
238	7110	343	90	27	142.7
239	7140	343	90	27	167.9
240	7170	343	90	27	167.9
241	7200	343	90	27	157.3
242	7230	343	90	27	169.4
243	7260	343	90	27	178.8
244	7290	343	90	27	178.8
245	7320	343	90	27	178.8
246	7350	343	90	27	178.8
247	7380	343	90	27	178.8
248	7410	343	90	27	173.5
249	7440	331.4	86.9	26.1	126.2
250	7467.964	159.9	41.9	12.6	78.3
		85391	22404	6722	42294