

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 APD De La Route Reliant
CW 189 A La Localité De Zaccar Sur 15km**

Proposé par :

MR .REGUIG KHEZZANE Said

ABD ELRAHAM

Présenté par :

TOUER Bachir

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

INTRODUCTION :

Parmi les infrastructures de transport, les routes est sans doute l'un de ceux qui sont liés le plus étroitement avec l'environnement.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de **85%** du volume de transport de marchandises et de voyageurs. C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

La route représente aussi au niveau de la collectivité nationale un puissant facteur de cohésion, tandis qu'en accélérant les liaisons entre les grandes métropoles économiques, elle constitue un atout majeur en faveur de la compétitivité internationale d'une nation industrielle.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du trace neuf d'un tronçon routier (CW 189 et ZACCAR) sur 15kms qui se situe dans la Wilaya de DJLEFA.

La CW 189 a une importance stratégique pour le réseau routier wilaya, car elle constitue une liaison entre MOUDJEBARA et ZACCAR vers ZACCAR,

Le projet consiste à faire participer au développement des régions Sahariennes, de faciliter les échanges commerciaux en établissant une liaison entre les petits villages de la région. Cela permettra par exemple d'intégrer les économies et le tourisme dans la ville de ce qui revient positivement sur l'amélioration des conditions de vie des populations

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 les deux phases suivantes:

- Phase préliminaire.
- Phase d'avant-projet détaillé (APD).

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	01
-----------------------------------	-----------

PRESENTATION GENERALE.

I) Cadre l'étude.....	02
II) Objectif de l'étude	03
III) PRESENTATION DU PROJET.....	04

PARTIE I : ETUDE APS.

Chapitre I : étude APS

1) Introduction.....	05
2) Variante 01	05
3) Variante 02	06
4) Conclusion.....	07

PARTIE II : PHASE APD.

Chapitre I : ETUDE DE TRAFIC

1) Introduction.....	07
2) Analyse du trafic.....	07
3) Différents type de trafic.....	07
4) Modèles de présentation de trafic.....	07
5) Calcul de la capacité.....	08
6) Application au projet.....	10

Chapitre II : TRACE EN PLAN

1) Introduction.....	12
2) Règles à respecter dans le tracé en plan.....	12
3) Les éléments du tracé en plan	12
4) Règles pour l'utilisation des rayons en plan.....	14
5) Sur largeur.....	14
6) Combinaison des éléments de tracé en plan	16
7) La vitesse de référence (de base).....	16
8) Paramètres fondamentaux.....	17
9) Calcul d'axe.....	18

Chapitre III : PROFIL EN LONG

1) Définition	23
2) Règles à respecter dans le tracé du profil en long	23
3) Coordination du tracé en plan et profil en long	23
4) Déclivités	24
5) Raccordements en profil en long	24
6) Détermination pratique du profil en long	26
7) Choix des éléments géométriques	28
8) exemple de calcul de profil en long	29

Chapitre IV: PROFIL EN TRAVERS

1) Définition	30
2) Les éléments du profil en travers	30
3) Types De Profils En Travers	31
4) Classification du profil en travers	33
5) Application au projet	33

Chapitre V: CUBATURE

1) Introduction	34
2) Définition	34
3) Méthode de calcul des cubatures	34
4) Calcul des cubatures de terrassement	37

Chapitre VI: ETUDE GEOTECHNIQUE

1) Introduction	37
2) Les objectifs principaux d'une étude géotechnique	37
3) Les différents essais en laboratoire	37
4) Les différents essais « in- situ »	43
5) Condition d'utilisation des sols en Remblais	44

Chapitre VII: DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1) Introduction	45
2) La chaussée	45
3) Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée	49
4) Les principales méthodes de dimensionnement	50
5) Application au projet	52
6) Conclusion	58

Chapitre XIII: ASSAINISSEMENT

I. Etude Hydrologique	
1) Définition des termes hydraulique.....	59
II)ASSAINISSEMENT	
1) Introduction.....	59
2) Ouvrages élémentaires d'assainissement	59
3) La notion "source"	60
4) Le bassin versant	60
5) Application au projet.....	61

Chapitre IX: Signalisation

1) Introduction	66
2) L'objet De La Signalisation Routière	66
3) Catégories De Signalisation	66
4) Règles A Respecté Pour La Signalisation.....	66
5) Types De Signalisation.....	67
6) Catégories De Panneaux	68
7) Application au projet	68

Chapitre X : L'impact Sur L'environnement

1) Introduction	71
2) Cadre Juridique	71
3) Objectifs	71
4) Impact Sur L'agriculture	72
5) L'impact Sur La Nature	72
6) CONCLUSION	73

DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

1) Cadre l'étude

La direction des travaux publics de la wilaya de DJELFA à confié aux bureaux d'étude L'étude du tracé neuf du Chemin de wilaya entre la commune de MOUDJEBARA et ZACCAR dans la wilaya de Djelfa.

Ce tronçon fait partie de chemin de wilaya cw 189 entre MOUDJEBARA et Zaccar
Zaccar est une commune d'Algérie située dans la wilaya de Djelfa. Le nombre d'habitants de Zaccar est moins de 25 000.

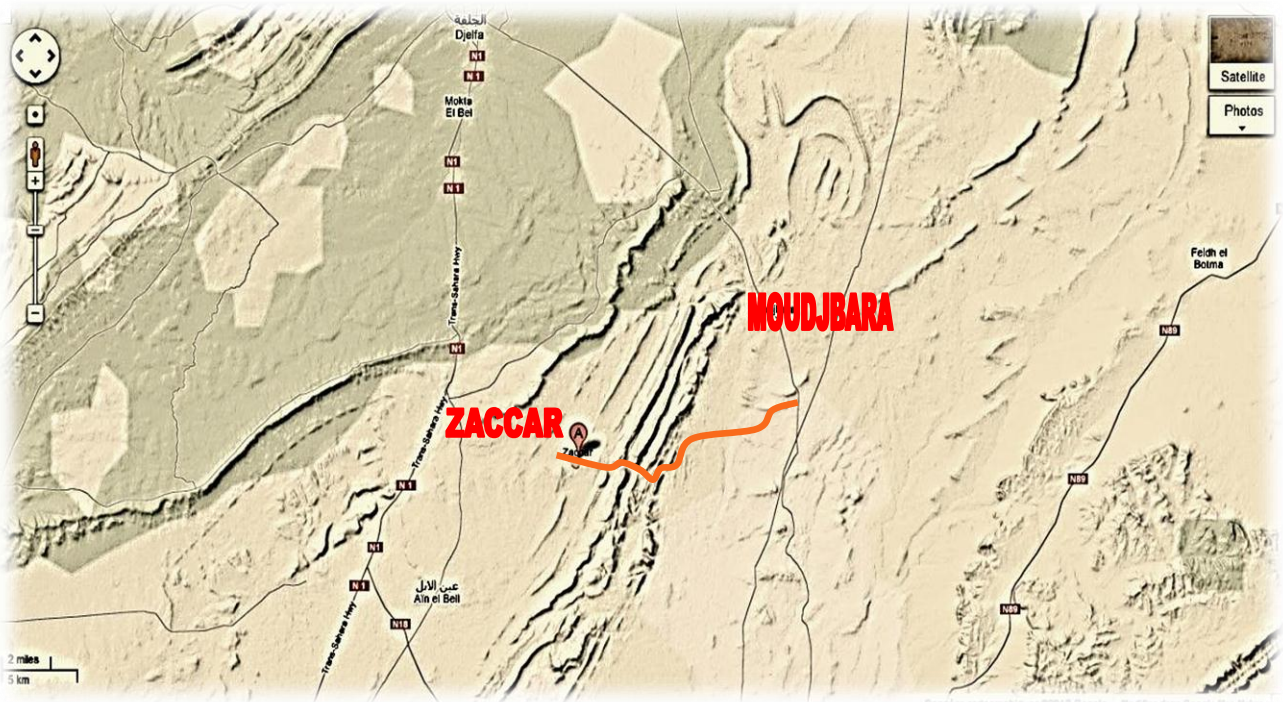


Figure1 : Image Satellite De La Zone Du Projet (Source : Google Earth)

2) Objectif de l'étude

L'objectif de cette route est de faire participer au développement des régions

Sahariennes, de faciliter les échanges commerciaux en établissant une liaison

Entre les petits villages de la région. Cela permettra par exemple d'intégrer les économies et le tourisme dans la ville de ce qui revient positivement sur l'amélioration des conditions de vie des populations

Le projet vise deux objectifs:

- Faire participer au développement économique et touristique des zones Saharienne.
- Créer des conditions de transport favorable aux échanges commerciaux dans la région.

3) Présentation Du Projet

A la faveur du découpage administratif de 1974, cette wilaya se compose actuellement de 36 communes regroupées en 12 Daïrates. Elle se limite au Nord par Médéa et Tissemsilt ; à l'Est par Biskra et M'sila; à l'Ouest par Laghouat et Tiaret ; et au Sud par El-Oued et Ghardaïa.

Zaccar est une commune d'Algérie située dans la wilaya de Djelfa. Le nombre d'habitants de Zaccar est moins de 25 000.

Le débute de notre tronçon *au (PK 0), jusqu'au (PK 14+916),*

Cette section à étudier s'étend sur une longueur de **15km**.

Un trafic journalier moyen important estimé à l'ordre de **1300v/j**.

- Le pourcentage du poids lourds est **18 %**.
- L'itinéraire du projet se situe dans un relief vallonné, et se caractérise par une sinuosité moyenne, et des déclivités moyennes. Il est classé en catégorie (C2) et la vitesse de base du projet est estimée à **60Km/h**.

1) Introduction :

L'étude A.P.S consistera à faire l'étude complète des deux variantes et faire une comparaison entre elles (analyse multi - critères) sur la base de laquelle, enfin on déterminera la variante qu'on gardera pour l'étude A.P.D.

2) Variante 01 :

Cette variante se caractérise essentiellement par :

- Cette variante est le **plus long**,
- elle traverse un relief moyen
- rencontre des contraintes comme (2 oueds, terrains agricoles, montagnes, habitations)

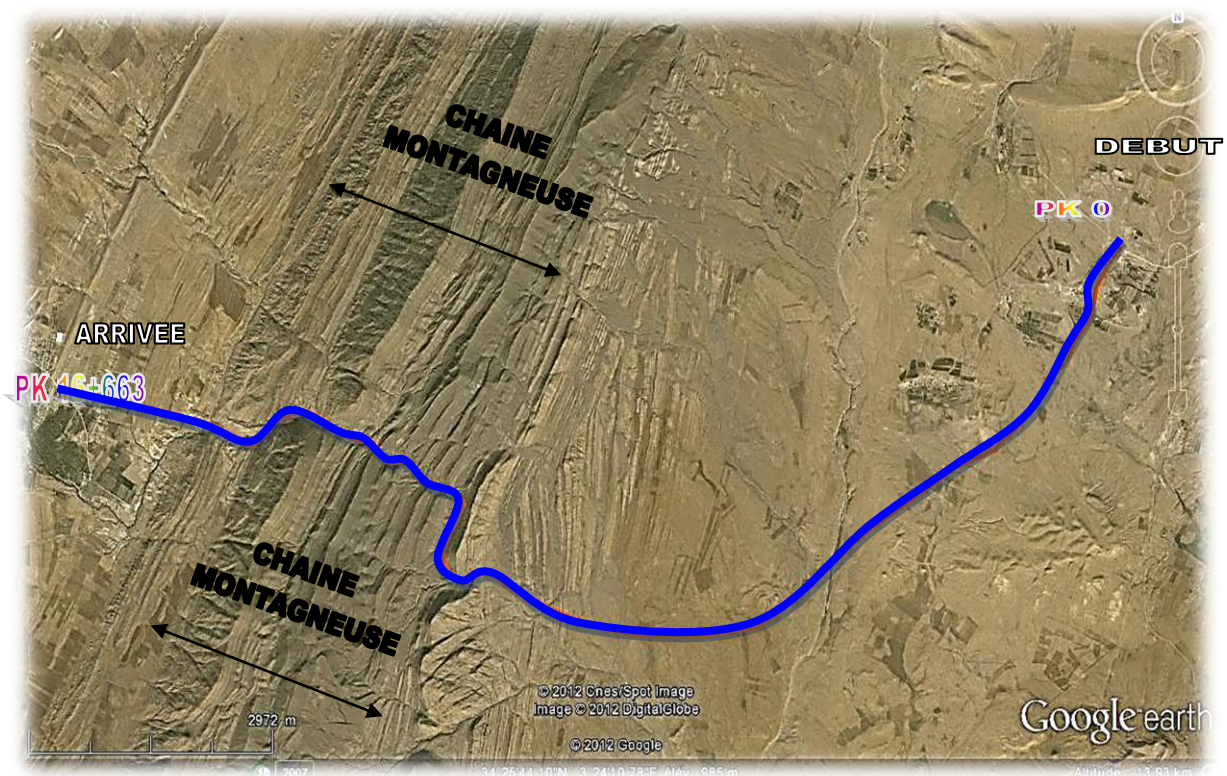
D'après le calcul automatique fait par : Auto Piste (Covadis), on a obtenu les résultats suivantes :

Longueur du tracé = 16663 m et volume des terrassements :

Déblais = 213026 m³

Remblais = 127236 m³

Figure2 : la variante1



3) Variante 02 :

Elle est caractérisée essentiellement par :

- Cette variante est la plus courte,
- Elle traverse un relief moyen
- Rencontre des contraintes moins que la variante 1 (2 oueds, montagnes)

D'après le calcul automatique fait par : Auto Piste (Covadis), on a obtenu les résultats suivantes :

Longueur du tracé = **14916 m**

Volume des terrassements :

Déblais = **190691 m³**

Remblais = **113896 m³**

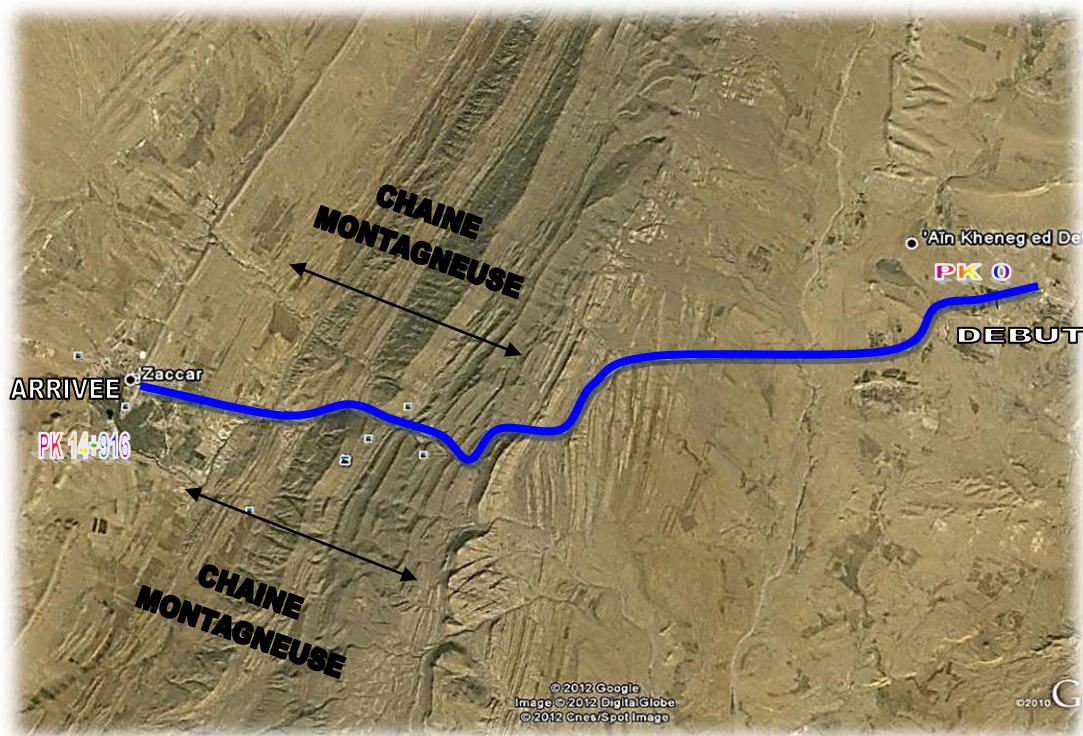


Figure3 : la variante 2

CONCLUSION

Apparemment la zone traversée par les deux tracés est relativement de mêmes caractéristiques ; néanmoins le tracé de la variante «01» :

- Est plus long proportionnellement à la variante «02»
- Engendre plus de indemnités à rembourser aux propriétaires des terres.

A partir de cela, nous déduisons bien que le facteur économique jouera le seul rôle décisif dans le choix de la variante retenue. La variante « 02» avérée plus chère donc le tracé de la **variante «02»** qui sera retenu.

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 donné 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.

1) 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.

2) Différents type de trafic :

On distingue quatre types de trafic:

a) Trafic normal:

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

b) Trafic induit:

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

c) Trafic dévié:

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

d) Trafic total: C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

3) 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.

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:

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

$$\left\{ \begin{array}{l} T_0 : \text{est le trafic à l'arrivée pour l'origine.} \\ \tau : \text{est le taux de croissance.} \end{array} \right.$$

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.

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.

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.

4) CALCUL DE LA CAPACITE:

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé 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.

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

b) Trafic effectif:

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

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

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

Tableau2 : 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

c) Evaluation de la demande:

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

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

d) Evaluation de l'offre:

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

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

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique.

K_1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau 3 : Coefficient « K1 »

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

Tableau 4 : Coefficient « K2 »

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

Tableau 5 : Capacité théorique « C_{th} »

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 :

$$Q \leq Q_{adm}$$

Chaussée unidirectionnelle :

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

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

Tel que :

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

C_{adm} : débit admissible par voie.

5) Application au projet :

a) Les données de trafic :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la S.A.E.T.I nous avons :

- ✓ $TJMA_{2011}=1300$ v/j .
- ✓ Année de mise en service : 2014.
- ✓ Le pourcentage des poids lourds : $Z = 18\%$.
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 4\%$.
- ✓ La durée de vie: 20ans.

b) Dimensionnement :

On à :

- $P = 16$ (Route à bonne caractéristique, environnement E_3).
- $K_1 = 0.95$ (environnement E_3).
- $K_2 = 0.95$ (E_3, C_2).

$$TJMA_{2011} = 1300 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2014} = 1300 (1 + 0.04)^3$$

$$TJMA_{2014} = 1462 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2034} = 1462 (1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2034} = 3204 \text{ v/j.}$$

$$T_{\text{eff}2034} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2034}$$

$$T_{\text{eff}2034} = [(1 - 0.18) + 16 \times 0.18] 3204$$

$$T_{\text{eff}2034} = 118855 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2034} = 0.12 \times T_{\text{eff}2034}$$

$$Q_{2034} = 0.12 \times 10959$$

$$Q_{2034} = 1423 \text{ uvp/h.}$$

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

$$C_{\text{th}} = Q / (K_1 \times K_2).$$

$$\square \square C_{\text{th}} \geq 1423 / (0.95 \times 0.95).$$

$$C_{\text{th}} \geq 1576 \text{ uvp/h.}$$

On prend $C_{\text{th}} = 1600$ uvp/h.

D'après B30 on adopte pour l'évitement un profil de 2 voies de 3m de largeur et 1.2 m pour l'accotement.

1) Introduction :

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

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

2) Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons 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 tracé.

3) Les éléments du tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles :

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 cercles.

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

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

$$L_{max} = 60V \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

$$L_{min} = 5V \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

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

➤ **Stabilité en courbe :**

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

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

➤ **Rayon horizontal minimal :**

absolu :

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

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

➤ **Rayon minimal normal :**

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

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

➤ **Rayon au dévers minimal :**

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

Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$.

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

➤ **Rayon minimal non déversé :**

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

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 (f' - d_{\min})}$$

Cat 2

Avec : $f' = 0.06$ → Cat 2

4) Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Paramètres	Symboles	valeurs
Vitesse de base (km/h)	VB	60
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	125
Rayon horizontal normal (m) Rayon	RHN (5%)	250
horizontal déversé (m) Rayon	RHd (2.5%)	550
horizontal non déversé (m)	RHnd(-2.5%)	800

Tableaux 6 : Règles les Rayons Du Tracé En Plan

5) Surlargeur :

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 ≤ 200 m.

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=∞ jusqu'à R=constant), 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.

➤ Expression de la Clothoïde :

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

On pose : $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow A^2 = L.R \Rightarrow K = C.L ; K = \frac{1}{R} \quad L.R = \frac{1}{C}$

- Condition de confort dynamique :

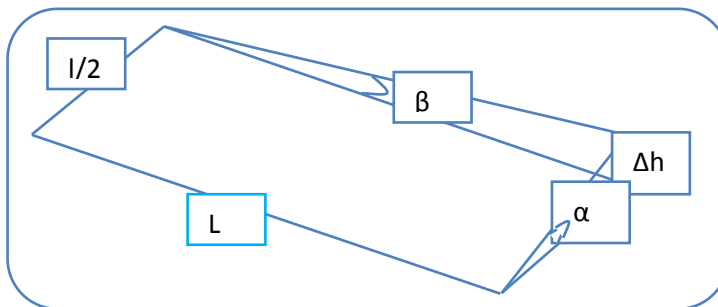
Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule. La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{V^2}{R} - g \cdot \Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2VB$

Avec une gravitation $g = 9.8m/s$ on opte :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} V_B : \text{vitesse de base (Km/h).} \\ R : \text{le rayon (m).} \\ \Delta d : \text{la variation de divers } (\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}) \quad (\%). \end{array} \right.$$

- Condition de gauchissement :



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

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

Nous avons :

$$\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$$

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

l : largeur de chaussée

6) Combinaison des éléments de trace en plan :

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

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

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.

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.

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.

7) La vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (V_B) 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...).

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.

➤ 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.

8) Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C2**, dans un environnement **E3**, avec une vitesse de base **$V_B = 60$ km/h.**

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme **B40** :

Paramètres	Symboles	Valeurs
• Vitesse (km/h)	V_B	60
• Longueur minimale (m)	L_{min}	83
• Longueur maximale (m)	L_{max}	1000
• Devers minimal (%)	d_{min}	2.5
• Devers maximal (%)	d_{max}	7
• Temps de perception réaction (s)	t_1	2
• Frottement longitudinal	f_l	0.46
• Frottement transversal	f_t	0.15
• Distance de freinage (m)	d_0	34
• Distance d'arrêt (m)	d_1	67
• Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	240
• Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_n	360
• Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	120
• RHm (m) (devers associe %)	RHm	125 (7 %)
• RHN (m) (devers associe %)	RHN	250 (5 %)
• RHd (m) (devers associe %)	RHd	550(2.5 %)
• RHnd (m) (devers associe %)	RHnd	800 (-2.5 %)

Tableaux 7: Paramètre Fondamentaux

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

➤ Les rayons:

Rayon (m)	nombre	devers associe (%)	Rayon (m)	nombre	devers associe (%)
4000	2	0.7	450	3	2.96
1200	2	1.37	420	4	3.14
900	4	1.69	340	1	3.79
600	1	2.33	250	2	5
520	1	2.62	230	1	5.17
500	1	2.71	200	1	5.50
180	1	5.78			

➤ Les alignements (max et min):

$$L_{\max} = 856.2174\text{m} < L_{\max}(\text{B40}).$$

$$L_{\min} = 229.1771\text{m} > L_{\min}(\text{B40}).$$

9) 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

9.1)1. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan :

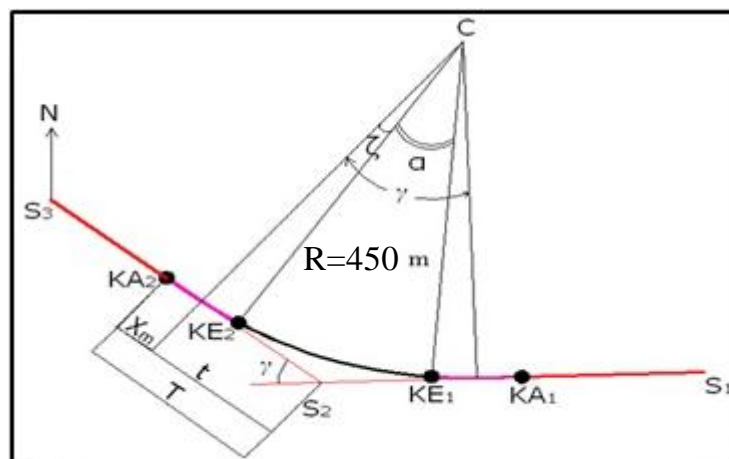


Fig. 5 : Raccordement circulaire avec Clothilde entre deux alignements

Les points du tracé en plan

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	V _B (km/h)
S _{P1} (x, y)	36645,0207	9347,8408	450	60
S _{P2} (x, y)	36347,7619	8758,6105		
S _{P3} (x, y)	35669,9454	8770,3762		

Tableaux 8 : Les données de l'axe à calculer

Pour notre projet on a :

$R=450 \text{ m} < 800 \Rightarrow d=2.96\%$ donc le calcul se fait pour un rayon avec Clothoïde.

➤ **Calcul des gisements :**

$$\left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_{12}| = |X_{p2} - X_{p1}| = 297.2588 \text{ m} \\ |\Delta Y_{12}| = |Y_{p2} - Y_{p1}| = 589.2303 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$G_{P_2}^{P_1} = \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta Y_{12}|}{|\Delta X_{12}|} \right) = 170.255 \text{ grad}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 659.966 \text{ m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_{23}| = |X_{p3} - X_{p2}| = 677.8165 \text{ m} \\ |\Delta Y_{23}| = |Y_{p3} - Y_{p2}| = 11.7657 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$G_{P_3}^{P_2} = 300 + \text{Arctg} \left(\frac{|\Delta Y_{23}|}{|\Delta X_{23}|} \right) = 301.105 \text{ grad}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{2022.678^2 + 37.608^2} \approx 677.92 \text{ m}$$

➤ **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = |G_{P_2}^{P_1} - G_{P_3}^{P_2}| = 130.84 \text{ grad}$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{66.99 \times 200}{2 \times 450 \times \pi} = 4.73 \text{ grade}$$

L : longueur de Clothilde

➤ **Calcul de la tangente :**

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}(\gamma/2) = 798.6598 \text{ m}$$

$$T = 798.6598 \text{ m}$$

➤ **Calcul de la Corde SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = 69.43 \text{ m}$$

➤ **Calcul de σ :**

$$\sigma = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} = 1.63 \text{ grade}$$

➤ **Vérification du non chevauchement :**

$$\tau = 4.73 \text{ grade}$$

$$\gamma/2 = 65.42 \text{ grade}$$

D'où :

$$\tau < \gamma/2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement}$$

✓ **Calcul des distances :**

$$S_1 S_2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 659.966 \text{ m}$$

$$S_2 S_3 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 677.92 \text{ m}$$

✓ **Caractéristiques de la courbe de raccordement :**

Détermination de L :

1-Condition optique :

$$L \geq \sqrt{24 R \Delta R}$$

$$\text{On a } R = 450 < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1$$

$$\Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times 450 \times 1} = 103.92 \text{ m} \text{ ----- } \mathbf{1}$$

2- Condition de confort dynamique et de non gauchissement :

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

$$\Delta d = ?$$

$$\Delta d = d - (-2.5)$$

$$RHm = 125 \text{ m} \Rightarrow d = 7 \%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 7 - (-2.5) = 9.5 \%$$

$$L < \frac{5}{36} \times 9.5 \times 60 = 79.1667 \text{ m} \text{ ----- } 2$$

$$1 \text{ et } 2 \Rightarrow L \geq 103.92 \text{ m.}$$

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 216.25$$

On prend : $A = 216 \text{ m}$

$$L = A^2/R = 104 \text{ m.}$$

A partir des tables de Clothoïde on tire :

$$L/R = 0.2304$$

$$X_m/R = 0.1151491603 \Rightarrow X_m = 51.811722 \text{ m}$$

$$\Delta R/R = 0.00221162 \Rightarrow \Delta R = 0.995229 \text{ m}$$

$$X/R = 0.1542451478 \Rightarrow X = 69.4103 \text{ m}$$

$$Y/R = 0.00396877 \Rightarrow Y = 1.7859 \text{ m}$$

➤ **Calcul de l'arc:**

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot 450(130.8498 - 2 \times 4.73)]}{200} = 858.05 \text{ m}$$

$$\text{Donc } K_{E1} K_{E2} = 858.05 \text{ m}$$

➤ **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = \bar{X}_{S0} - (S_0 S_1 - T) \times \sin G_{S0}^{S1} \\ Y_{KA1} = \bar{Y}_{S0} - (S_0 S_1 - T) \times \cos G_{S0}^{S1} \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 36347,7619 - (659.966 - 798.6598) \times \sin (170.2552) = \mathbf{36410.231 \text{ m}} \\ Y_{KA1} = 8758,6105 - (659.966 - 798.6598) \times \cos (170.2552) = \mathbf{8634.782 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - S_L \times \sin (G_{S0}^{S1} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \times \cos (G_{S0}^{S1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 36410.231 - 69.43 \times \sin (170.255 - 1.63) = \mathbf{36377.381 \text{ m}} \\ Y_{KE1} = 8634.782 - 69.43 \times \cos (170.255 - 1.63) = \mathbf{8695.494 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} - T \times \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} - T \times \cos G_{S1}^{S2} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 36645,0207 - 798.6598 \times \sin (101.105) = \mathbf{35846.481 \text{ m}} \\ Y_{KA2} = 9347,8408 - 798.6598 \times \cos (101.105) = \mathbf{9361.702 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \times \sin (G_{S1}^{S2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \times \cos (G_{S1}^{S2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 35846.481 + 69.43 \times \sin (101.105 + 1.63) = \mathbf{35915.84 \text{ m}} \\ Y_{KE2} = 9361.702 + 69.43 \times \cos (101.105 + 1.63) = \mathbf{9358.72 \text{ m}} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

1) Définition:

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

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

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

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

3) 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 500 m 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.

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.

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 ($I_{\text{max}} = 7\%$) dans le franchissement de la côtère

Nota :

Selon le B-40 on a :

V_r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I_{max} %	8	7	6	5	4	4

Tableaux 9 : valeur de déclivité

Pour notre cas la vitesse $V_r=60$ Km/h donc la pente maximale $I_{\text{max}} = 7\%$.

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 :

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) 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 :

$$R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{cat 1-2})$$

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 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)

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 :

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

avec : R'_v : rayon minimum du cercle de raccordement.
 d_1 : distance d'arrêt.

6) Détermination pratique du profil en long :

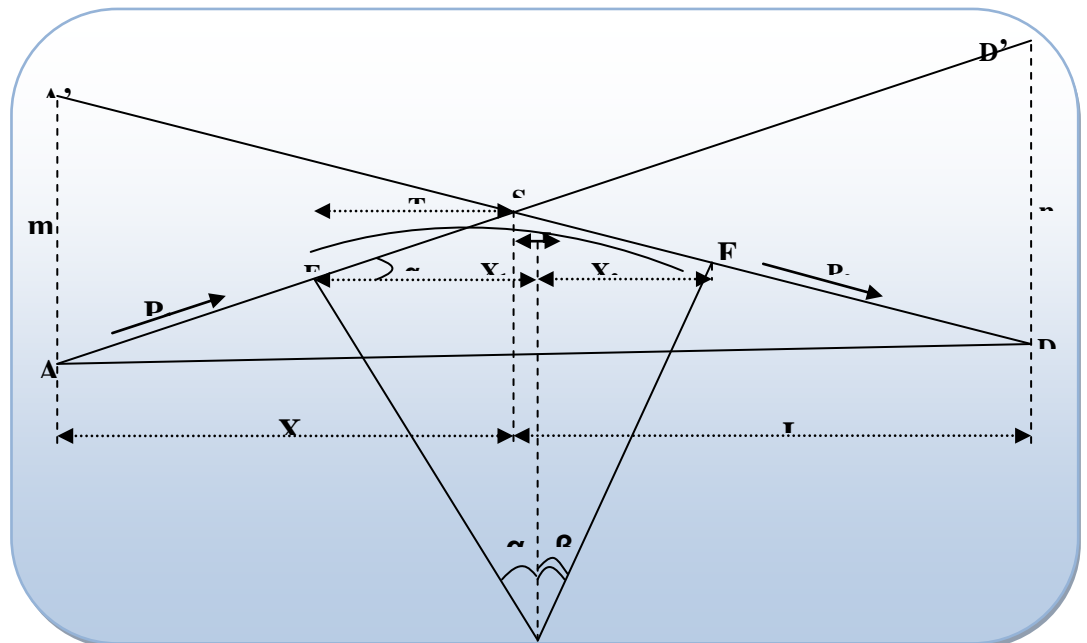
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :
 $X^2 + Y^2 - 2RY = 0$.

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

Pratiquement, le calcul des raccordements 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.

Fig.6 :
 Détermination
 Pratique Du Profil
 En Long



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 :

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

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

b) Calcul de la tangente :

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

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

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

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

c) Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

d) Calcul de la flèche :

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

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

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

f) Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

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

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

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.

3) Choix des éléments géométriques :

La forme générale de notre tracé est composée de deux tronçons, selon la topographie du terrain et les contraintes à franchir :

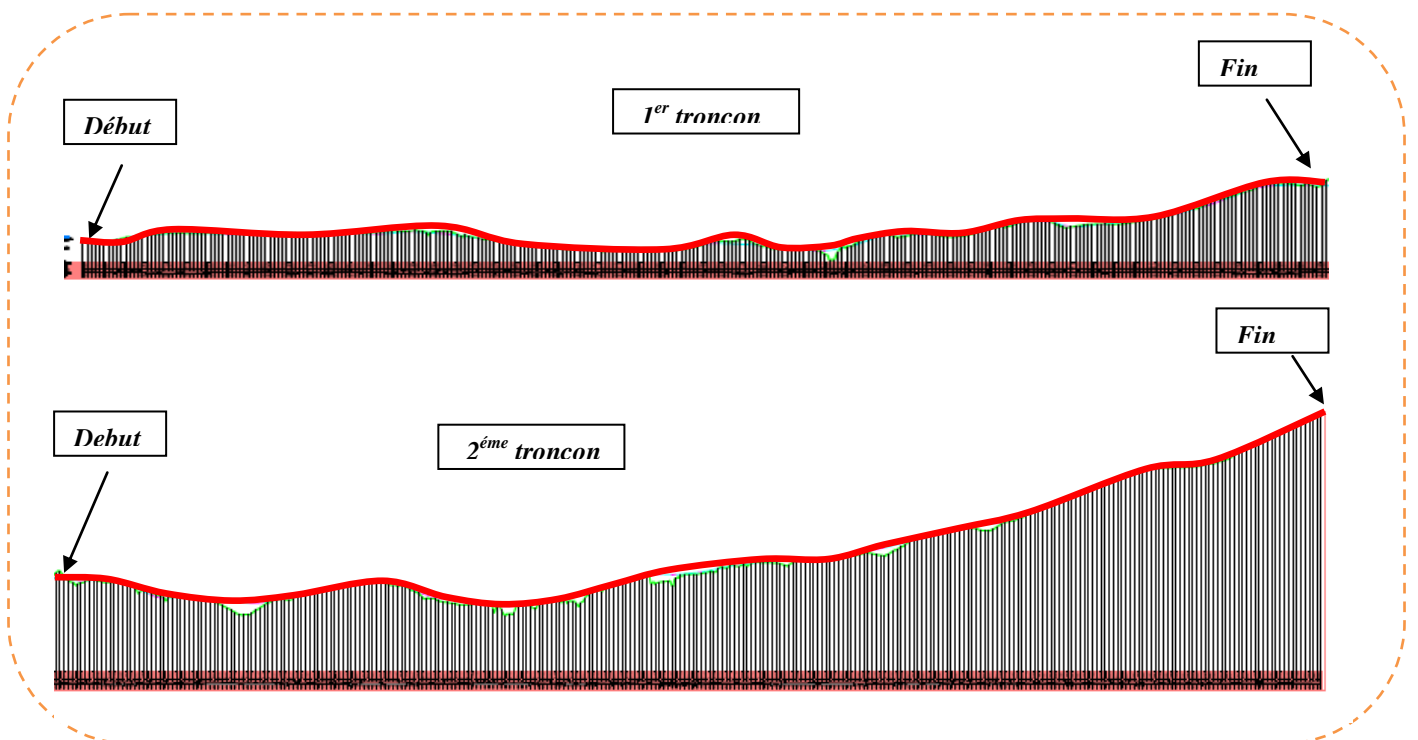


Fig. 7 : profil en long

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

➤ Les rayons verticaux:

R_V (m)	nombre	R_V (m)	nombre
2000	11	1800	1
3000	10	2500	2
4000	18	6000	2
8000	12	1600	3
1500	3	5000	2

Tableaux 12 : Les Rayons En Profil En Long

➤ La déclivité (max et min):

$$I_{\max} = 3.28\% < I_{\max}(B40).$$

$$I_{\min} = 0.5\% \geq I_{\min}(B40).$$

4) exemple de calcul de profil en long :

• Cas d'un Raccords convexes :

$$R=4000 \text{ m}$$

$$A : \begin{cases} X_A = 38591.27 \text{ m} \\ Z_A = 345.129 \text{ m} \end{cases}$$

$$S : \begin{cases} X_S = 38611.36 \text{ m} \\ Z_S = 346.30 \text{ m} \end{cases}$$

$$D : \begin{cases} X_D = 38633.92 \text{ m} \\ Z_D = 345.075 \text{ m} \end{cases}$$

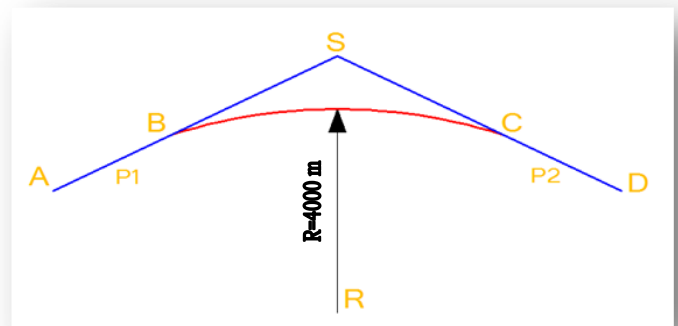


Fig. 8: Raccords

Calcul des pentes :

$$i_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)/(X_S - X_A)} \right| = \left| \frac{(346.30 - 345.129)/(38611.36 - 38591.27)} \right| = 5.82\%.$$

$$i_2 = \left| \frac{(Z_S - Z_D)/(X_S - X_D)} \right| = \left| \frac{(346.30 - 345.075)/(38611.36 - 38633.92)} \right| = 5.42\%.$$

Calcul des tangentes :

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R/2 = (|5.82\%| + |5.42\%|) \times 4000/2 = 225,17 \text{ m}.$$

Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (225,17)^2 / (2 \times 4000) = 6.337 \text{ m}.$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

Calcul des coordonnées du point B:

$$\begin{cases} S_B = X_S - T = 38611.36 - 225.17 = 38368.19 \text{ m}. \\ Z_B = Z_S - T \times |i_1\%| = 346.30 - 225.17 \times |5.82\%| = 333.19 \text{ m}. \end{cases}$$

Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_S + T = 38611.36 + 225.17 = 38836.53 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |i_2\%| = 346.30 - 225.17 \times |5.42\%| = 334.09 \text{ m} \end{cases}$$

Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 225.17 = 450.34 \text{ m}.$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe

1) définition:

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

2) les éléments du profil en travers :

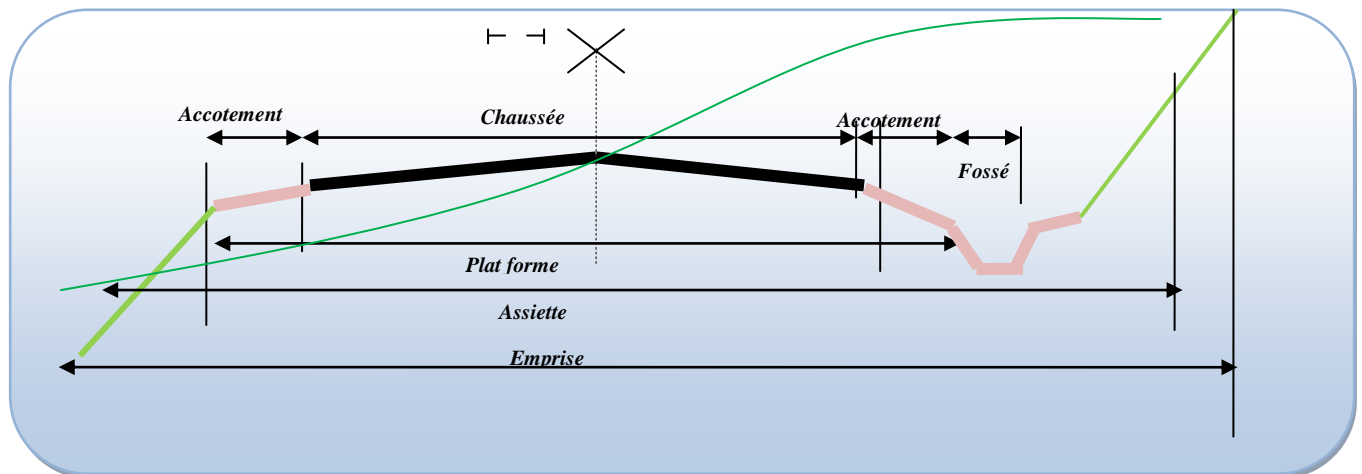


Fig. 9 :les éléments du profil en travers

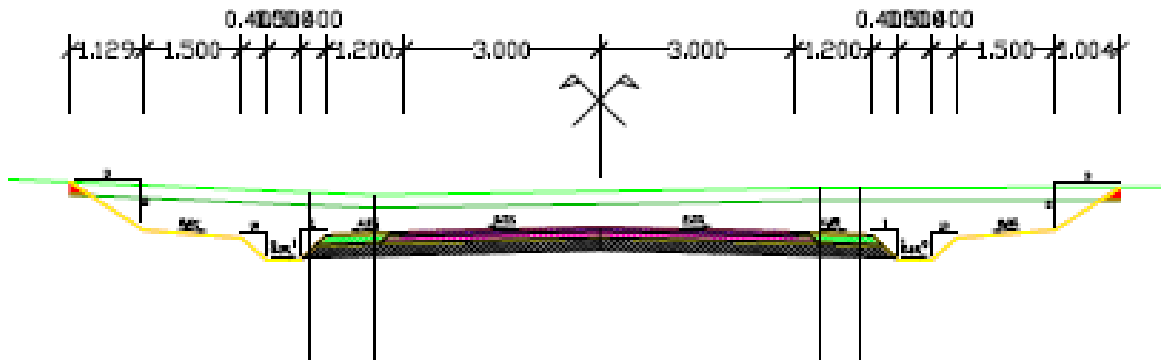
- **La chaussée:**
C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- **La largeur roulable:**
Elle comprend les sur largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.
- **Plate forme:**
C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- **L'assiette:**
C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

- **L'emprise:**
C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- **Les accotements:**
En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent Généralement les éléments suivants :
 - Une bande de guidage.
 - Une bande d'arrêt.
 - Une berme extérieure.
- **Le terre-plein central:**
Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :
 - Les sur largeurs de la chaussée (bande de guidage).
 - Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
- **Le fossé :**
C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et des talus et les eaux de pluie.

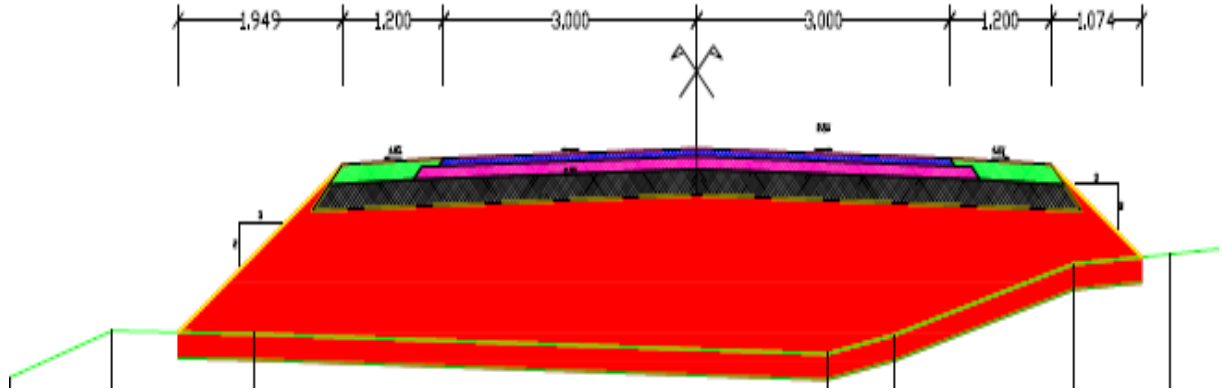
3) Types de profils en travers

Il existe trois types de profils en travers : Les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

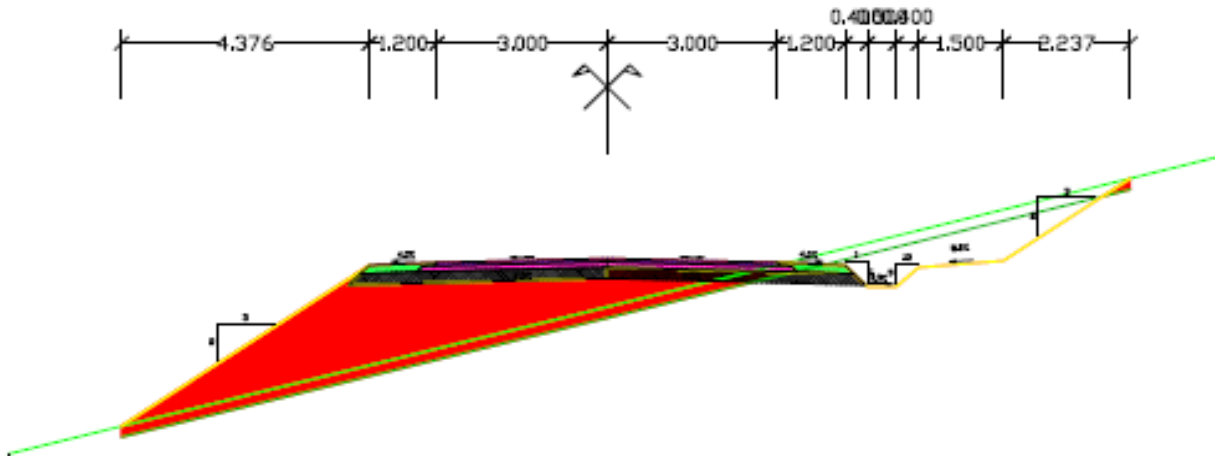
- **Profile déblai :**



➤ Profile remblai :



➤ profils mixtes :



4) Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

1- Le profil en travers type :

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

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

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

2- Le profil en travers courant :

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

5) Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $3 \times 2 = 6,00\text{m}$
- Accotement : $1.2 \text{ m} \times 2 = 2.4 \text{ m}$.
- Plate-forme : $= 8.4 \text{ m}$.

1) Introduction:

La réalisation d'un ouvrage nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.

Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

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

2) Définition :

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

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

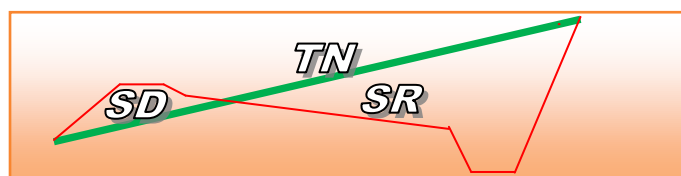
Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente

3) Méthode De Calcul Des Cubatures :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate-forme de voie (une fois tous les 50m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel)

Nous considérons sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe)

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers



3) 1) Formule de Mr SARRAUS :

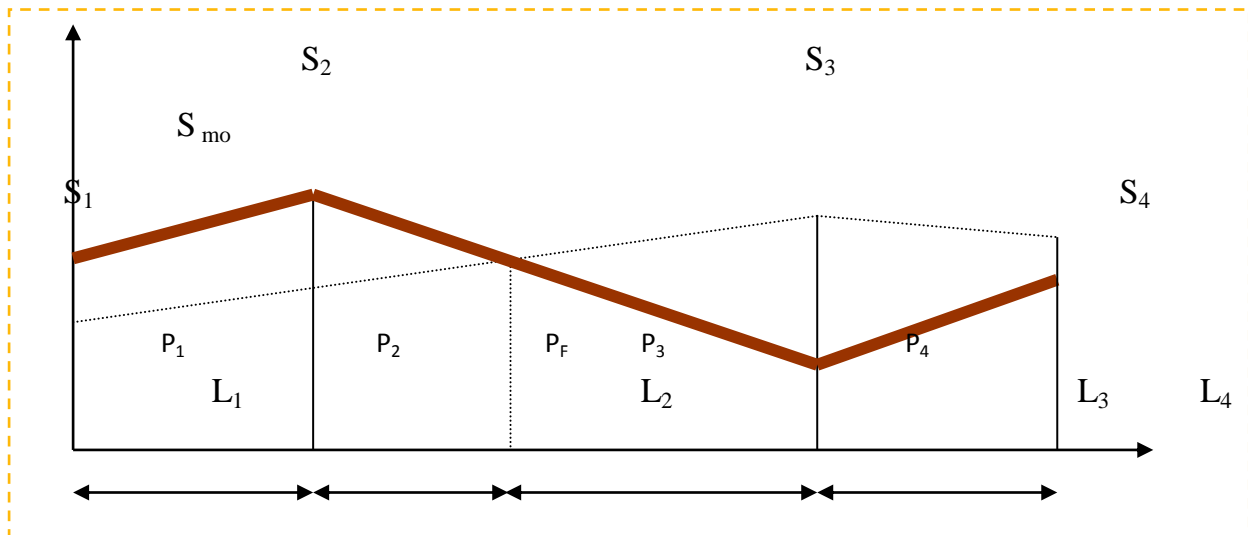
On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

$$V = (h/6) \times (S_1 + S_2 + 4S)$$



P_f : profil fictif surface nulle

S_1 et S_2 : surface des deux profils en travers P_1 et P_2



L_i : distance entre ces deux profils

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2)

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P_1 et P_2 de surface S_1 et S_2 sera :

$$V_1 = L_1 / 6 (S_1 + S_2)$$

Le volume total de terre pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

$$V = L_1 (S_1 + S_2) / 2 + L_2 S_2 / 2 + L_3 S_3 / 3 + L_4 (S_3 + S_4) / 2$$

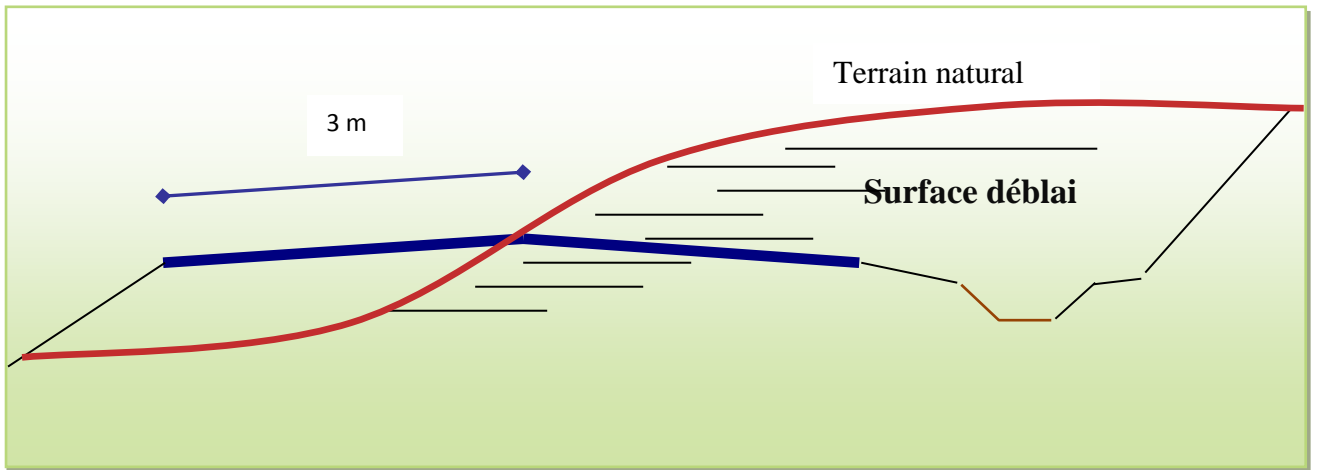


Fig. 10 : Coupe transversale d'une chaussée.

4) Calcul Des Cubatures De Terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel ((Auto Piste)) et piste

4) 1) Résultats des calculs des cubatures :

Pour le calcul automatique des cubatures par logiciel Auto Piste on a utilisé La méthode GULDEN, les résultats sont en annexes.

- Volume De Déblai = **190691 m³**
- Volume De Remblai = **113896 m³**
- Volume De Décapage = **47855 m³**

Voir ((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 soles rencontrés, méthode d'exécution.

3) Les différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- 3)1) Analyse granulométrique.
- 3)2) Equivalent de sable.
- 3)3) Limites d'Atterberg.
- 3)4) Essai PROCTOR.
- 3)5) Essai CBR.
- 3)6) Essai Los Angeles.
- 3)7) Assai 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.

➤ 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 $80\mu\text{m}$.

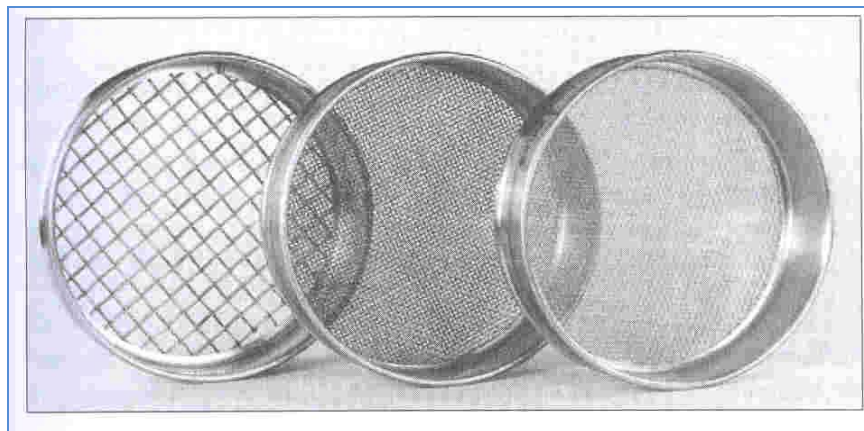


Fig. 11 : Schématisation De La Colonne De Tamis

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

$$\begin{cases} C_c = D_{30} / D_{10} \cdot D_{60} \\ C_u = D_{60} / D_{10} \end{cases}$$

C_c : coefficient de courbure

C_u : coefficient d'informité

- 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 $C_u > 2$

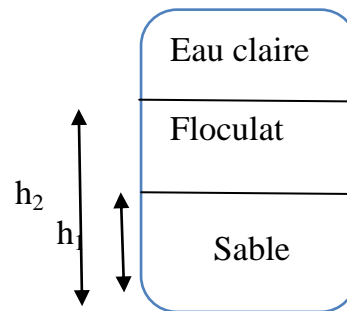
➤ **Equivalent de sable**

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.



➤ **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.



Fig. 12 : Schématisation de l'appareil de Casa grande

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

1- 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.

2- 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** :

$$IP = w_L - w_P$$

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.

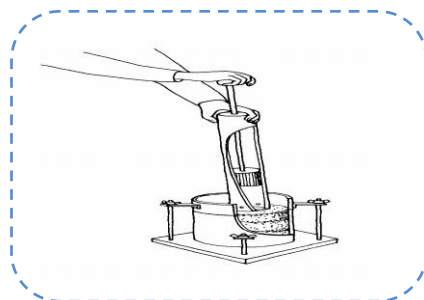
La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

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

➤ 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 ».

Essai Proctor

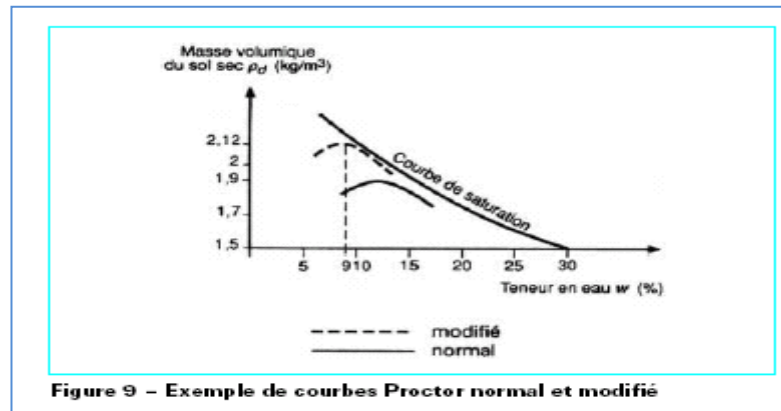


L'essai est répété plusieurs fois de suite pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (4%,6%,10% ,14%).

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 déterminer 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 pluvieux 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

➤ 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

Tableaux 13 : Interprétation d'essai CBR

➤ **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

Tableaux 14 : Interprétation Du LA

➤ **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 matériau 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

Tableaux 14 : 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.

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.

➤ Les essais de pénétration

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

➤ La pénétration statique :

L'enfoncement est provoqué par une pression continue exercée 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).

➤ La 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 20cm 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 :

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.

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 déformable 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 03 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 repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

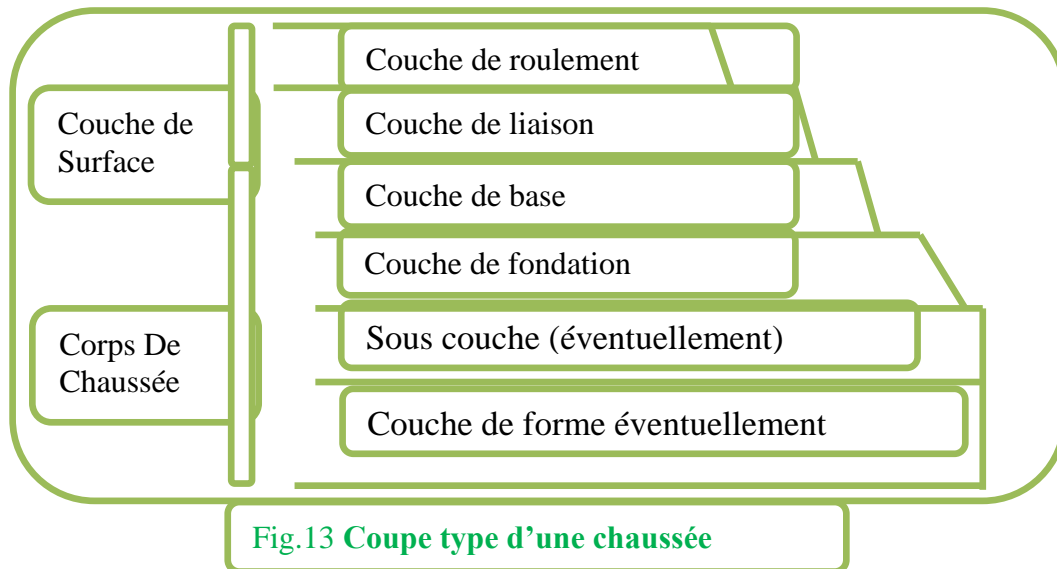
❖ **Couche de fondation :**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer 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 stabilisé 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).

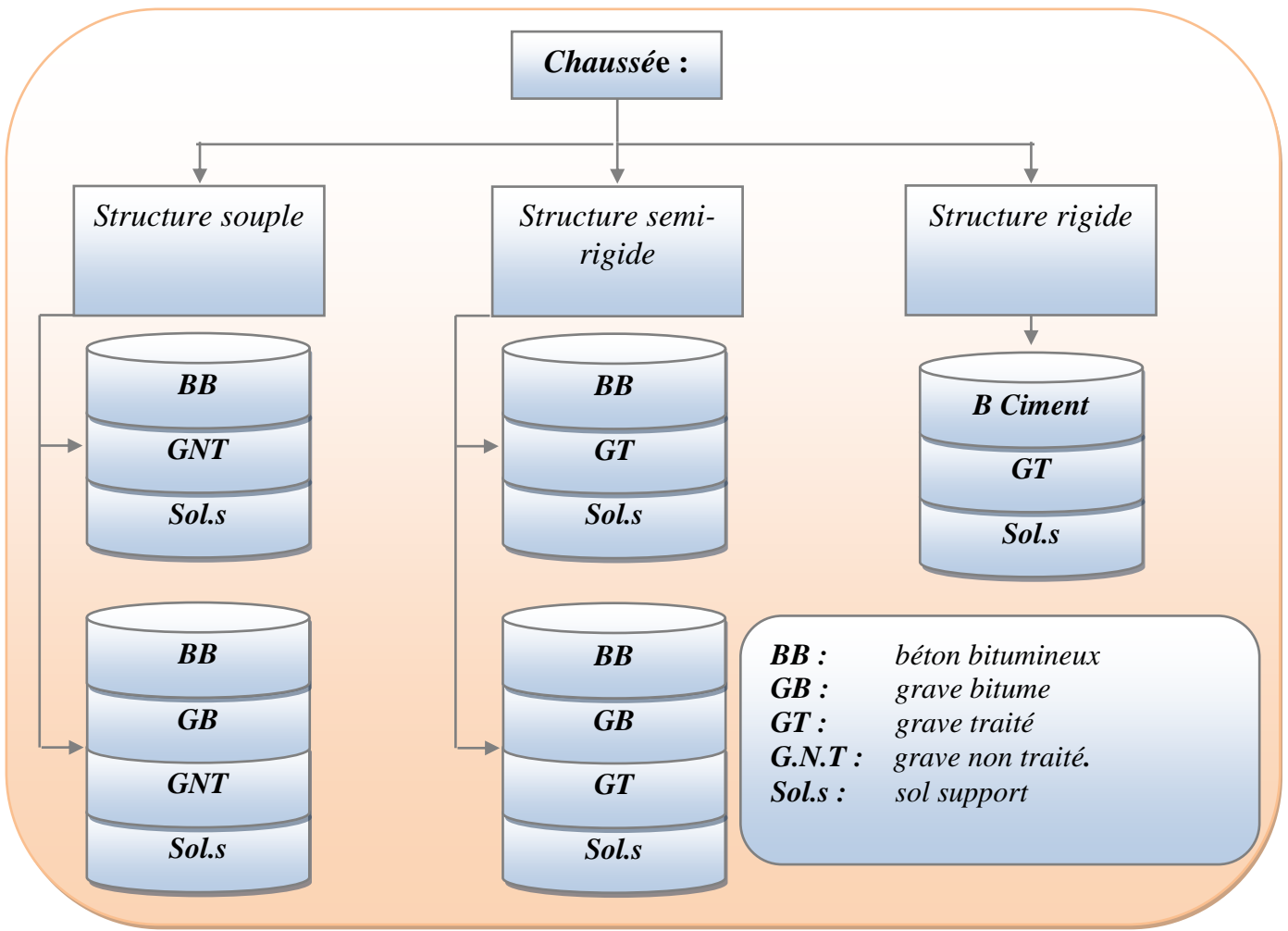


Fig.14 : Schéma récapitulatif

3) Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :

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

a) Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5tonnes) .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.

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.

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.

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)1) 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

Tableaux 15 : Coefficient D'équivalence

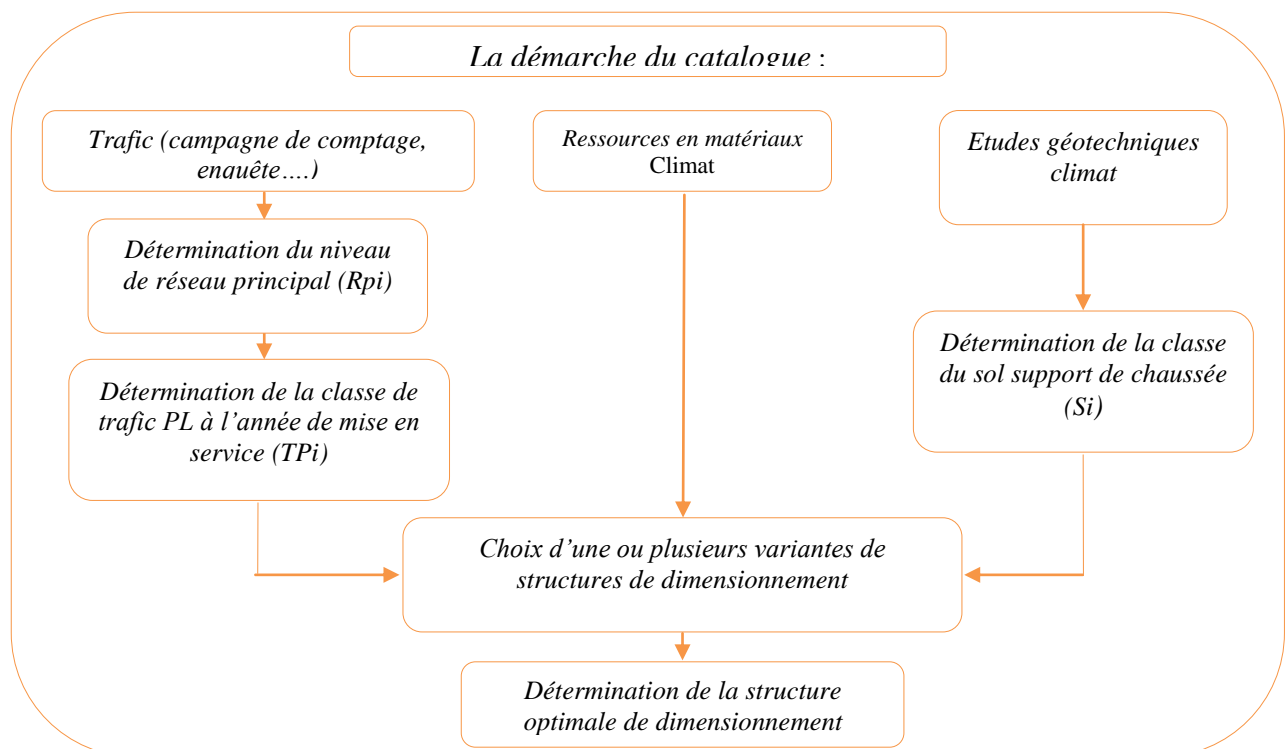
4)2) **Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**

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 :

5)1) Méthode de C.B.R :

Données de l'étude :

- TJMA₂₀₁₄=1462 v/j
- Mise en service : 2014
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 18 \%$

➤ Répartition de trafic :

$TJMA_{2014} = 1462 (V/j) .$

$TPL_{2014} = 0,18 \times 1352 = 263 PL /j$

$TPL_{2034} = (1+\tau)^{20} . PL_{2014} = (1+0,04)^{20} \times 263 \approx 576 (PL/j)$

$TPL_{2034} = 576/2 = 288 (pl/j/sens)$

❖ Entre le PK 0+00 et le PK 14+916 : C.B.R=11

$$E_{totale} = \frac{100 + \sqrt{6,5} \left[75 + 50 \log \left(\frac{288}{10} \right) \right]}{11 + 5}$$

$E_{totale} = 30 \text{ cm.}$

Epaisseur équivalente :

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

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante : $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 32 \text{ cm.}$

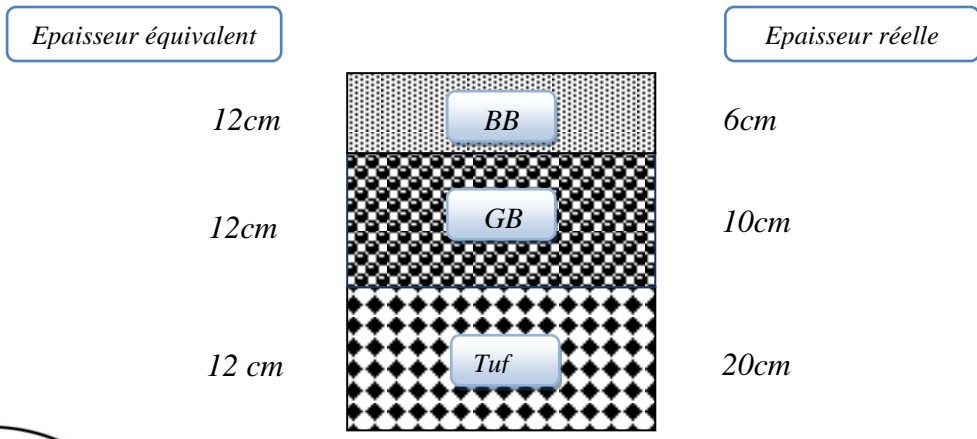
Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm.}$
- Couche de base en grave bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 10 \times 1.2 = 12 \text{ cm.}$

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

$$e_3 = \frac{32 - e_1 \cdot a_1 - e_2 \cdot a_2}{a_3} = \frac{30 - 2 \times 6 - 1,20 \times 10}{0.6} = 10 \text{ cm}$$

$E_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 6 \times 2 + 10 \times 1.2 + 0.6 \times 20 = 36 \text{ cm.}$



5)2) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :Données de l'étude :

- TJMA₂₀₁₁=1300 v/j
- Mise en service : 2014
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 18 \%$

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

Tableaux 16 : classification des réseaux principaux

$$TJMA_{2014} = 1462(V/j).$$

$1462(V/j) < 1500(V/j) \longrightarrow$ le réseau principale est RP2.

➤ 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.

$$TJMA_{2011} = 1300(V/j).$$

$$TPL_{2011} = 0,18 \times 1300 = 234 PL/j$$

$$TPL_{2014} = (1+\tau)^3 \cdot TPL_{2011} = (1+0,04)^3 \cdot 234 \approx 132 (PL/j/sens).$$

✚ 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 bidirectionnelles à 2 voies : 50% du trafic PL.

$$TPL_{2014} = 132 (PL/j/sens).$$

✚ Détermination De La Classe De Trafic (Tpli) :

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 RP2:

$$TPL = 132 (PL/j/sens) \longrightarrow \text{La classe de trafic est TPL}_2.$$

+ 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
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableaux 17 : Classes De Portance

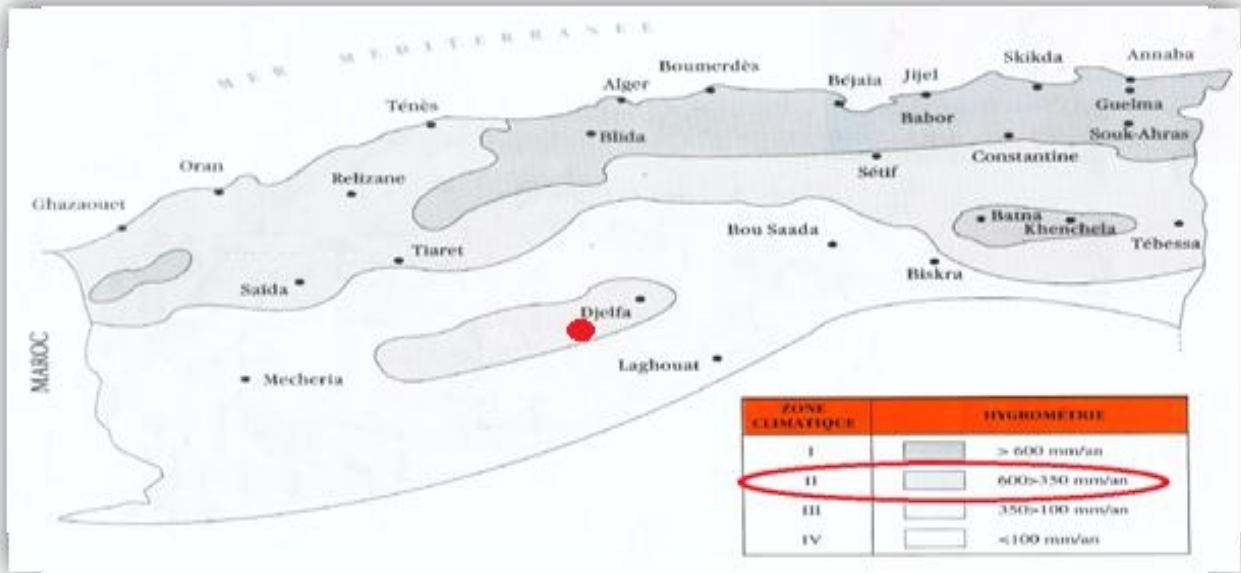


Fig.15 : carte climatique de l'Algérie

- 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 :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR} \qquad E \text{ (MPa)} = 5 \times 11 = 55 \text{ (MPa)}$$

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

Tableaux 18 : Classification De Sol-Support

➤ Choix de différentes couches constituée de la chaussée :

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

- Couche de roulement : ES.
- Couche de base : TUF.
- Couche de fondation : TUF.

✚ Détermination de la zone climatique :

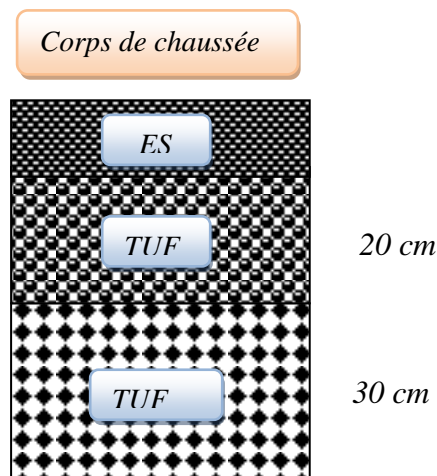
D'après la carte de la zone climatique mon zone de projet II.

✚ Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP2), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL2).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- couche de roulement : ES .
- couche de base TUF = 20cm.
- couche de fondation : TUF= 30 cm.



➤ **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support : pour (CBR) :**

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

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

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP ₂	Chaussées a matériaux non traités : GNT/GNT , TUF/TUF , SG,SG ,AG/AG	0.6

Tableau 19 : Valeurs Du Coefficient D'agressivité

$$TCE_i = TC_i \times A$$

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

$$TC_{2034} = 132 \times 365(1+0.04)^{20} - 1/0.04).$$

$$TC_{2034} = 1,43 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

$$TCE_i = 1,43 \times 10^6 \times 0.6$$

Alors :

$$TCE_{2034} = 8.6 \times 10^5 \text{ PL/J/sens.}$$

✚ **Choix des températures équivalentes :**

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

Tableau 20 : Choix Des Températures Equivalentes

✚ **Performances mécaniques des matériaux bitumineux :**

Matériau	E(30° ,10HZ) (MPa)	E(25° ,10HZ) (MPa)	E(20° ,10HZ) (MPa)
BB	2500	3500	4000
GB	3500	5500	7000

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

- θ_{eq} = température équivalente ($\theta_{eq} = 20c^{\circ}$) $\Rightarrow E(20^{\circ}, 10H_z) = 7000 \text{ MPa}$.
- Classe de trafic (TPL₂).
- Risque adopté pour réseau RP₂ (R%=20).
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté ($t = -0.842$).

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

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

$$\delta = 0.609$$

A.N :

Déformation admissible verticale :

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (8.6 \times 10^{-1})^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 2.27 \times 10^{-2}$$

➤ **Résultats de calcul par Alize III**

C.B.R = 11

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
surface (z=0.000)					
h= 0.200 m	0.000m	-153.0 X-J	0.015 X-J	643.5 Z-R	0.657 Z-R
E= 500.0 MPa					
nu= 0.250	0.200m	-364.7 Y-R	-0.161 Y-R	526.0 Z-R	0.195 Z-R
collé (z=0.200m)					
h= 0.100 m	0.200m	-364.7 Y-R	-0.045 Y-J	877.9 Z-R	0.195 Z-R
E= 240.0 MPa					
nu= 0.250	0.300m	-453.4 Y-J	-0.097 Y-J	572.7 Z-R	0.098 Z-R
collé (z=0.300m)					
h= 0.200 m	0.300m	-453.4 Y-J	-0.027 Y-J	976.8 Z-R	0.098 Z-R
E= 110.0 MPa					
nu= 0.250	0.500m	-386.9 Y-J	-0.037 Y-J	596.9 Z-J	0.049 Z-J
collé (z=0.500m)					
h infini	0.500m	-386.9 Y-J	-0.004 Y-J	919.6 Z-J	0.049 Z-J
E= 55.0 MPa					
nu= 0.350					

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\varepsilon_{z,adm} = 2.27 \times 10^{-2}$	$\varepsilon_z = 976 \times 10^{-6}$

Tableaux 21 : Résultat De Calculé

D'après les résultats précédents :

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$$

Résumé :

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

indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	C.T.T.P
	6BB+10GB+20TUF	ES+20TUF+30TUF

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 et uniforme pour l'ensemble du tracé, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes et différentes selon l'indice portant du sol support.

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).

En conclusion, le Ministère des Travaux publics étant à l'origine de l'initialisation de l'élaboration de cette méthode, pour des raisons évidentes de manque de support technique propre à notre pays, nous ne pouvons qu'adhérer et contribuer à la vulgarisation de cette dernière. Cependant, par ce modeste travail nous souhaiterions faire une suggestion à l'administration par le biais des maître d'ouvrage pour la mise en place d'une cellule de suivi de comportement des chaussées par l'entremise d'instrumentations appropriées à même de répondre aux questionnements de l'efficacité de cette méthode par rapport à la méthode CBR ; les générations à venir ne seront que bénéficiaire d'un tel retour de l'information.

I) Etude Hydrologique

1) Introduction :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations les eaux de la surface, l'évaporation et l'évapotranspiration, les eaux souterraines.

L'étude des eaux superficielles revêt plusieurs aspects abordés avec des principes et méthodes de recherche différents suivant la spécialité de l'ingénieur qui s'y consacre. Il existe deux courants philosophiques :

- ◆ Celui basé sur la recherche mathématique à basé de la statique.
- ◆ Celui basé sur la méthode naturaliste relevant de l'observation et d'intuition contrôlée par l'expérimentation.

Actuellement, l'hydrologie est devenue une science importante de l'art de l'ingénieur intéressé à l'exploitation et au contrôle des eaux naturelles. Des études hydrologiques plus ou moins poussées sont indispensables pour toute mise en œuvre de projet hydroélectrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, d'assainissement, de drainage, d'irrigation, de barrages et de navigation fluviale.

II) L'Assainissement :

1) introduction :

Un réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage élémentaire linéaire ou ponctuel, superficiel ou enterré.

Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière, il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

2) Ouvrages élémentaires d'assainissement :

Les critères purement hydrauliques n'interviennent pas seules dans le choix de la nature de l'ouvrage et d'autres facteurs doivent être pris en considération.

2)1) la sécurité des usagers :

Les ouvrages et leur implantation doivent être choisis de manière à limiter au maximum les risques d'accident et éviter leur aggravation. tenant compte de catégorie de la voie des conditions de circulation.

2)2) Entretien et exploitation :

Le bon fonctionnement des ouvrages hydrauliques nécessite un entretien régulier, alors que l'expérience montre que les ouvrages difficiles à entretenir ne sont souvent pas entretenus du tout, il faut donc rechercher dès la conception du réseau la simplicité, la rapidité et la sécurité des opérations d'entretien afin de réduire le coût et la gêne au usager.

2)3) dimensionnement mécanique :

Certains ouvrages doivent être dimensionnés en tenant compte de surcharges permanentes ou temporaires.

2)4) Conditions économiques :

En toute rigueur, le calcul du coût total d'un ouvrage doit tenir compte :

- ◆ Le coût de l'ouvrage.
- ◆ Du coût de l'emprise et des terrassements supplémentaires.
- ◆ Du coût actualisé de l'entretien et de la gêne à l'utilisateur

3) La notion "source" :

Les directives désignent comme source toute eau apparaissant à la surface terrestre sans être élevée artificiellement.

Une source peut être définie comme un endroit où se produit un écoulement naturel d'eau souterraine, soit directement, soit indirectement à travers un système de fissure.

L'aquifère se décharge par affleurement ou par refoulement si une couche imperméable empêche l'écoulement souterrain.

4) Le bassin versant :

En tout point d'un cours d'eau, nous serons amenés à définir son bassin versant et à caractériser son comportement hydrologique.

4)1) Notion de "bassin versant" :

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions.

4)2) Caractéristiques de la disposition dans le plan :**➤ Surface A :**

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface A d'un bassin s'exprime généralement en km².

➤ Longueur :

On utilise différentes caractéristiques de longueur ; la première et une des plus utilisées est le "périmètre P du bassin

5) Application au projet :

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

Pour le dimensionnement des fossés on prend :

- ◆ une période de retour de 20ans.
- ◆ On cherche à dimensionner un fossé de caractéristique suivantes :
 1. longueur de fossé 100 m pente 1%
 2. accotement 1.2ml pente 4.00%
 3. chaussée 6.00ml pente 2.5%
 4. Berne 1.5ml pente 8%
 5. Terrain Natural



5) 1) **On utilise la méthode de Caquot :**

Formule requit pour la zone de DJLFA est :

$$Q=0.52 \times C^{1.11} \times \beta \times I^{0.2} \times A^{0.87}$$

Surface des B.V :

- ◆ BV1 (chaussé)= 6x100=0.06 ha
- ◆ BV2 (accotement)=2.4x100=0.024 ha
- ◆ BV3 (berme) =1.5x100=0.015ha
- ◆ BV4 (talus)=8 x100 =0.08 ha
- ◆ BV5 (Terrain Natural)=4ha

5)2) **Coefficient de ruissellement C :**

MATERIAUX	Chaussée	Accotement	talus	berme	Terrain Natural
COEF C	0.9	0.4	0.2	0.2	0.2

Tableaux 22 : Coefficient De Ruissellement C

β =coefficient de forme du BV considéré

$$M=L/\sqrt{A}$$

◆ L=longueur du point le plus éloigné de l'exutoire (distance du long parcours)

◆ A= surface du bassin

$$\beta = (M/2)^{-0.35}$$

Chaussée:

$$M = L/\sqrt{A} = 100/\sqrt{600} = 4.08$$

$$\beta = (M/2)^{-0.35} = 0.78$$

Accotement:

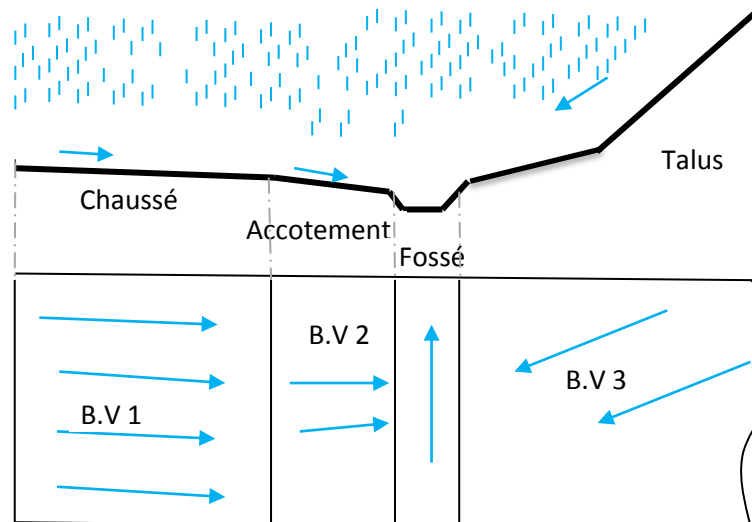
$$M = L/\sqrt{A} = 100/\sqrt{240} = 6.45$$

$$\beta = (M/2)^{-0.35} = 0.66$$

Berme

$$M = L/\sqrt{A} = 100/\sqrt{240} = 6.45$$

$$\beta = (M/2)^{-0.35} = 0.66$$



Talus :

$M = L/\sqrt{A} = 100/\sqrt{800} = 3.54$
 $\beta = (M/2)^{-0.35} = 0.82$

T=20 ans \longrightarrow $f(t)=1.25$

$Q(T=20) = f(t)Q(T=10) = 1.25 \times 0.52 \times \beta \times C^{1.11} \times I^{0.2} \times A^{0.87}$

$Q(T=20) = 0.65 \times \beta \times C^{1.11} \times I^{0.2} \times A^{0.87}$

Terrain Natural :

$M = L/\sqrt{A} = 200/\sqrt{4 \cdot 10^4} = 1$
 $\beta = (M/2)^{-0.35} = 1.27$

BV	A(ha)	C	I%	L(m)	M	β	Q (m ³ /s)
Chaussée(SBV1)	0.06	0.9	2.5	100	4.08	0.78	0.018
Accotement(SBV2)	0.024	0.4	4	100	6.45	0.66	0.003
Berme SBV3	0.015	0.2	8	100	8.16	0.61	0.001
Talus(BV4)	0.08	0.2	67	100	3.54	0.82	0.009
Terrain Natural (SBV5)	4	0.2	0.6	200	1	1.27	0.166

5)3) Assemblage en série :

Entre (BV1) et (BV2)

$Leq = \sum(Li) = 100 + 100 = 200m$

$A = \sum Ai = 0.084 ha$

$Ceq = \frac{\sum Ai Ci}{\sum Ai} = 0.75$

$I_{\acute{e}q} = \left(\frac{\sum Li}{\sum \frac{Li}{I_i}} \right)^2 = \left(\frac{100+100}{\frac{100}{\sqrt{2.5}} + \frac{100}{\sqrt{4}}} \right)^2 = 3.12\%$

Entre (BV3), (BV4) et (BV5)

$Leq = \sum(Li) = 100 + 100 + 200 = 400m$

$A = \sum Ai = 4.095 ha$

$Ceq = \frac{\sum Ai Ci}{\sum Ai} = 0.2$

$I_{\acute{e}q} = \left(\frac{\sum Li}{\sum \frac{Li}{I_i}} \right)^2 = \left(\frac{100+100+200}{\frac{100}{\sqrt{8}} + \frac{100}{\sqrt{67}} + \frac{200}{\sqrt{0.6}}} \right)^2 = 1.71\%$

BV	A(ha)	C	I%	L(m)	M	β	Q(m ³ /s)
BV eq ₁ entre (BV1 et BV2)	0.084	0.75	3.12	200	6.9	0.64	0.023
BV eq ₂ entre (BV3 et BV4)	4.095	0.2	1.71	400	1.98	1	0.165

5)4) Assemblage en parallèle entre BVEQ entre (BV_{eq1} et BV_{eq2}):

$$Leq = \max (Li) = \max (200 ; 400) = 400m$$

$$I_{eq} = \frac{\sum I_i \cdot Q_i}{\sum Q_i} = \frac{3.12 \times 0.023 + 1.71 \times 0.165}{0.023 + 0.165} = 1.88\%$$

$$A = \sum A_i = 4.179ha$$

$$C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i} = \frac{0.084 \times 0.75 + 4.095 \times 0.2}{0.084 + 4.095} = 0.2$$

BV	A(ha)	C	I%	L(m)	M	β	Q (m3/s)
BV _{eq} total	4.179	0.21	1.88	400	1.95	1	0.237

5)5) Dimensionnement des fosses :

Le profil en travers hypothétique de fossés est donné dans la figure ci-dessous avec

S_m : surface mouillée.

P_m : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique **R = S_m / P_m**

P : pente du talus **P = 1/1**

La surface mouillée :

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\text{Alors } S_m = bh + 2 \frac{h \cdot h}{2} = bh + h^2 = h(b + h)$$

Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2\sqrt{2} h$$

Le rayon hydraulique :

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b+h)}{b+2\sqrt{2} h}$$

La formule de MANNING STRICKLER :

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

Avec :

R : rayon hydraulique.

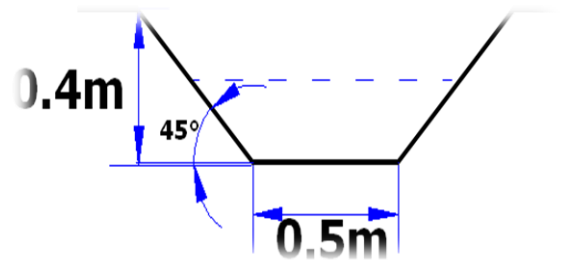
I : pente de l'ouvrage d'évacuation.

n : coefficient de Manning

R = section mouille / périmètre mouille

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

$$Q = h^{5/3} \times \frac{1}{n} \times \left[\frac{b+h}{b+2\sqrt{2} h} \right]^{2/3} \times I^{1/2} \times (b+h)$$



On prend :

b=0.5m, I=0.5%, Q=0.237 m³/s, n=0.015

N° cas	n	I	b (m)	h (m)	Q _s (m ³ /s)
1	0,015	0,005	0,25	0,25	0,152
2	0.015	0.005	0.3	0.2	0.111
3	0,015	0,005	0,50	0,40	0,620

D'après l'itération : h=0.4m, b=0.5m

5)6) Dimensionnement des buses :

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

Ø 300, Ø 400, Ø 500, Ø 800, Ø 1000, Ø 1200, Ø 1500...etc.

$$S_m = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$P_m = \pi \times D$$

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

$$Q = \frac{1}{\eta} \cdot I^{0.5} \cdot S \cdot R^{2/3} \implies D = 2 \left[\frac{Q \times \eta \times 2^3}{\pi \times I^2} \right]^{3/8}$$

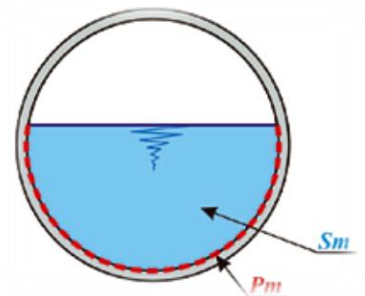
$$I = 2\%$$

$$Q = 0.237 \frac{m^3}{s}$$

$$\eta = 0.015$$

$$D = 2 \left[\frac{0.237 \times 0.015 \times 2^3}{\pi \times (0.02)^2} \right]^{3/8} = 443 \text{ mm}$$

Alors on choisit **Ø=500 mm**



Tous les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

OUVRAGE HYDRAULIQUE	PK	DIMENSIONS
Buses	3+075	Ø=600 mm
	(3)7+275	Ø=800 mm
	(2)7+450	Ø=800 mm
	7+825	Ø=800 mm
	7+995	Ø=600 mm

	(3)8+450	Ø=800 mm
	8+725	Ø=500 mm
	9+537.5	Ø=600 mm
	(2)9+775	Ø=500 mm
	(3)10+025	Ø=600 mm
	10+200	Ø=600 mm
	(3)10+450	Ø=800 mm
	10+600	Ø=600 mm
	10+675	Ø=500 mm
	(4)10+987.5	Ø=600 mm
	11+275	Ø=800 mm
	11+475	Ø=600 mm
	(3)11+700	Ø=800 mm
	12+025	Ø=500 mm
	(3)12+900	Ø=600 mm
	13+725	Ø=500 mm
	14+325	Ø=800 mm
	14+625	Ø=600 mm
Ouvrage sur oued courant	(4+395)-(4+435)	L=40m
	(12+290)-(12+330)	L=40m

Tableaux 23 : les résultats de buses sur ce projet

1) Introduction :

La signalisation routière enquière une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la circulation se développe et que la vitesse des véhicules augmente.

Le but de la signalisation est de rendre plus sûr et facile la circulation et d'assurer aux usagers la sécurité totale.

Le gabarit réduit ainsi que les caractéristiques du profil en long nécessitent une signalisation particulière.

Les problèmes que cette signalisation doit résoudre sont les suivants :

Annoncer la proximité du passage souterrain et de son gabarit réduit, et indiquer clairement quelle file de circulation y mène.

Faire ralentir (éventuellement) les véhicules qui sont engagés dans la file menant au souterrain.

2) L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

De rendre plus sûre la circulation routière.

De faciliter cette circulation.

De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3) Catégories de signalisation :

On distingue :

La signalisation par panneaux.

La signalisation par feux.

La signalisation par marquage des chaussées.

La signalisation par balisage.

La signalisation par bornage.

4) Règles à respecter pour la signalisation:

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

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

Cohérence avec les règles de circulation.

Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

Eviter la publicité irrégulière.

5) Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale
- Signalisation verticale

5)1) **Signalisation horizontale :**

Le marquage des chaussées doit indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

Marquages longitudinaux :

Lignes discontinues de type T1, T2 ou T3.

Lignes mixtes : lignes continues doublées par ligne discontinue du type T1 dans le cas général.

Marquages transversaux :

Ligne STOP : c'est une ligne qui oblige les usagers de marquer un arrêt et elle est continue

Ligne «cédez le passage » (T1, 5U).

Ligne «effet des signaux » (T2, 3U).

Marquages complémentaire :

- Flèches de sélection de rives ;
- Flèches de rabattement ;
- Indications particulières.

5)2) **Signalisation verticale :**

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

Et leur forme, on distingue :

➤ **Signaux de danger (avancée) :**

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

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

➤ **Signalisation de position :**

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route où 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°.

Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

6) Catégories de panneaux :

Panneaux de danger ; (type A) triangle équilatéral, pointe en haut.
 Signaux de réglementation, se subdivisent en :

Signaux de priorités (type B)

Signaux d'intersection ou de restriction (type C)

Signaux d'obligation (type D)

Signaux d'indication

7) Application au projet:

La signalisation de notre projet est basée sur les points suivants:

Marquage peint

Signalisation verticale

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).

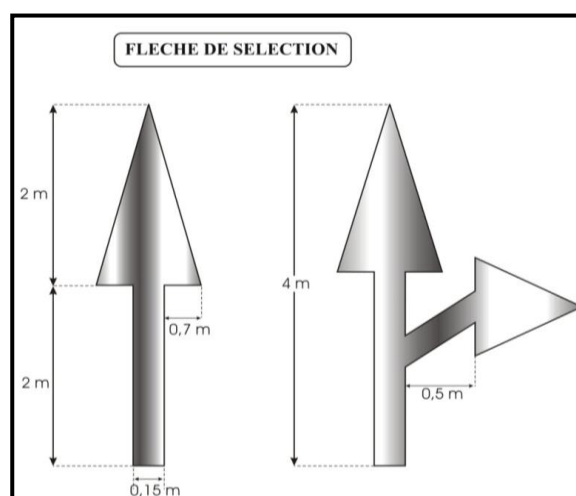
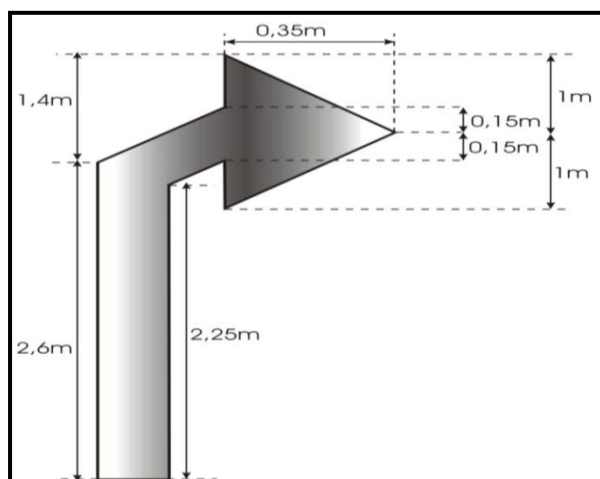
Panneaux de signalisation d'obligation (type D).

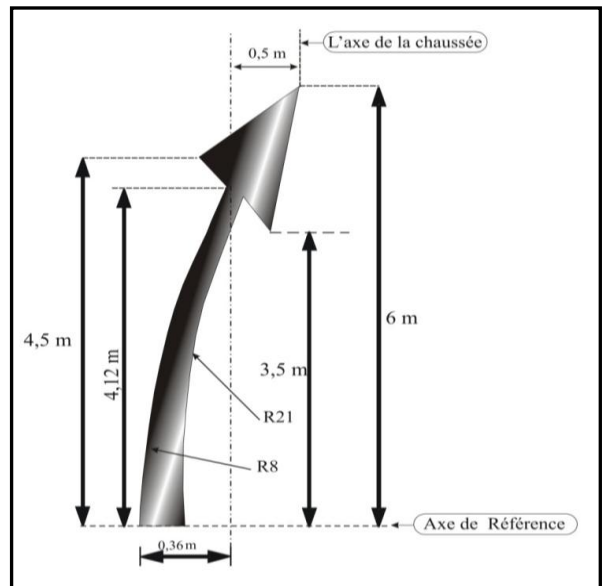
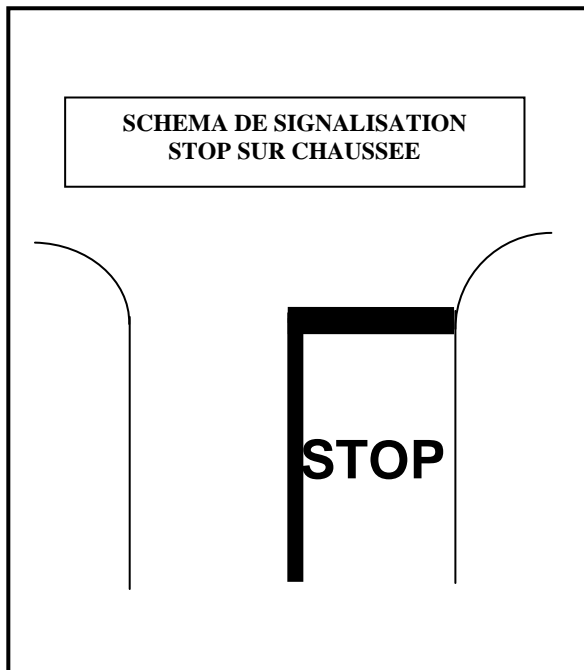
Panneaux de pré signalisation (type G1).

Panneaux de signalisation type (E₃, E₄).

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

Exemple Des signalisations horizontales :





➔ Signalisation horizontale :

Lignes discontinue



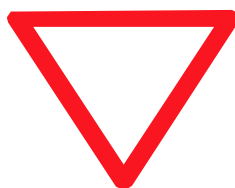
Lignes continue



➔ Signalisation verticale :



B2- Marquer arrêt



B1- Céder passage



A24- Arrêt à 150 m

→ Les signaux de danger type A



→ Les signaux Type C :



→ Les signaux Type E :



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 le PISTE, COVADIS (Auto Piste) 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

- ❖ *Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.*
- ❖ *Cours de 5^{ème} année ENSTP.*
- ❖ *Cours d'hydraulique de 4^{ème} année ENSTP.*
- ❖ *B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).*
- ❖ *Les Signaux Routiers (SETRA).*
- ❖ *ENSTP : anciennes mémoires de Fin d'étude.*
- ❖ *Manuel de projet de routes.*
- ❖ *Site internet : Google Earth.*

Devis Quantitatif Et Estimatif

N°	désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montants DA
1	Terrassement				
	Décapage de terre végétale (20cm)	M ³	47855	80	3528080
	Déblais mise en dépôt	M ³	190691	240	41076000
	Remblais en provenance d'emprunts	M ³	113896	450	60135750
	Total Terrassement	10 473 983 0			
2	Chaussée				
	Couche de tuf	M ³	31558	820	25877560
	Couche de revêtement BB (2.4t/M ³)	T	12880	4800	61824000
	Couche de base GB (2.2 T/M ³)	T	19679	4200	82651800
	couche d'imprégnation (0.8 kg/ M ²)	T	77	100 000	77 000 00
	couche d'accrochage dose à (0.3kg/ M ²)	T	72	78800	56 736 00
	Total Chaussée	18 372 696 0			
3	Assainissement	F (10%)			28846679
4	Signalisation	F (5%)			14233340
5	Installation de chantier + replié des matériels	F (4%)			1153872
6	Etude complémentaire	F (3 %)			8654004
TOTAL HORS TAXES :		341 354 685 DA			
TVA 17 %		58030297 DA			
TOTAL		39 938 498 2 DA			

Trois cent quatre-vingt-dix-neuf millions trois cent quatre-vingt-quatre mille neuf cent quatre-vingt-deux Dinars Algérien