

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire d'Ain Témouchent
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master
Filière : Génie Civil
Spécialité : Ingénierie de Structure

Thème :

Etude de dédoublement routier de la RN 92 entre l'intersection RN 92/CCW16 SIDI-DJELLOUL et l'intersection RN92/ CC DOUAR OUED AOUED sur 5km à SAIDA

Présenté en 2015 par :

M^r DIARRA Ousmane
M^r DJIMDE Idrissa

Devant le Jury composé de :

M^r MAMOUN Aissa	Président de jury
M^r DERBAL	Examineur
M^r HOUMADI	Examineur
M^r CHERIF BENMOUSSA	Encadreur
M^r BOUAYED Amine	Encadreur

Remerciements

Bien entendu, nous sommes tout d'abord redevables envers Mr BOUAYEDE Amine et Mr Cherif Benmoussa, nos promoteurs et enseignants au CUAT. Ils ont été d'un grand appui lors de notre Projet ; leurs conseils furent précieux.

Nos remerciements sincères vont à l'ensemble des enseignants du Centre Universitaire d'Ain Temouchent, particulièrement ceux de Génie Civil pour le savoir qu'ils nous ont transmis et leurs disponibilités sans limite.

Enfin nous ne manquerons pas de remercier nos parents non seulement pour leurs compréhensions et leurs soutiens moral mais également pour leurs contributions effectives à l'atteinte de cet objectif qu'est la formation d'Ingénieur.

Merci à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION.....1

IDENTIFICATION DU PROJET.....2

CHAPITRE I :

PARAMETRES FONDAMENTAUX DU PROJET

1. Introduction4

2. Catégorie4

3. Environnement de la route..... 5

4. Vitesse de projet.....6

5. Distance de visibilité d'arrêt.....7

6. Distance de visibilité de dépassement8

7. Distance d'anticipation7

8. Application de projet.....9

CHAPITRE II :

ETUDE DU TRAFIC

1. Introduction.....10

2. L'analyse des trafics existants.....10

3. Les différents types du trafic.....11

4. Calcul de la capacité11

5. Application au projet13

CHAPITRE III :

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA ROUTE

1. Introduction.....16

2. Trace en plan16

3. Profil en long.....22

4. Profil en travers.....	24
5. Application au projet	27

CHAPITRE VII :

ETUDE GEOTECHNIQUE

1. Introduction.....	36
2. Les objectifs de l'étude géotechnique.....	36
3. Les méthodes de reconnaissance.....	36
4. Caractéristiques géotechniques du sol support.....	37
5. Condition d'utilisation des sols en remblais.....	38

CHAPITRE VIII :

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. Introduction.....	39
2. La chaussée.....	39
3. Méthodes de dimensionnement.....	40
4. Application au projet.....	44

CHAPITRE VI :

CALCUL DES CUBATURES

1. Introduction.....	47
2. Cubatures des terrassements	47
3. Les documents	47
4. Méthode utilisée.....	48
5. Application au projet.....	50

CHAPITRE X : ASSAINISSEMENT

1. Introduction.....	52
2. Objectif de l'assainissement.....	52
3. Les type de dégradation provoquée par les eaux.....	52
4. Quelques définitions.....	53

5. Les contraintes et les hypothèses.....	53
6. Le calcul du débit de point.....	54
7. Le dimensionnement des tuyauteries.....	55
8. Application au projet	56
9. La composition d'un réseau d'assainissement	58
CONCLUSION	60
BIBLIOGRAPHIE	61

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification de la sinuosité de la route.....	5
Tableau 2 : Classes du relief en fonction de la dénivelée.....	5
Tableau 3. Classes d'environnement en fonction du relief et de la sinuosité.....	6
Tableau 4. Valeurs des vitesses de référence.....	6
Tableau 5. Valeurs normalisées du coefficient de frottement longitudinal f_e	8
Tableau 6. Coefficient d'équivalence « P ».....	12
Tableau 7. Coefficient « k_1 ».....	12
Tableau 8. Coefficient « K_2 ».....	13
Tableau 9. Capacité théorique « Cth ».....	13
Tableau 10. Coefficient de frottement transversal.....	8
Tableau 11. Devers selon B40.....	18
Tableau 12. Récapitulatif du relief (Tronçon 1).....	27
Tableau 13. Récapitulatif du relief (Tronçon 2).....	27
Tableau 14. Récapitulatif du relief (Tronçon 3).....	28
Tableau 15. Récapitulatif du relief (tronçon4)	28
Tableau 16. Récapitulatif du relief (tronçon5)	28
Tableau 17. Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés	42
Tableau 18. Classe du trafic en fonction du trafic poids lourd cumulé	42
Tableau 19. Classe du sol en fonction de l'indice CBR	43
Tableau 20. Sur-classement avec couche de forme en matériau non traité	44
Tableau 21. La zone climatique.....	44
Tableau 22. Coefficient de frottement de ruissellement.....	55
Tableau 23. Valeur du coefficient \forall dans la formule de BAZIN	56

Liste des figures

Figure 1. Tracer en plan pour calculer la sinuosité.....	5
Figure 2. Profil en long.....	6
Figure 3. Distance de visibilité d'arrêt.....	7
Figure 4. Courbe de raccordement.....	16
Figure 5. Distance entre l'avant du véhicule et l'essieu arrière.....	17
Figure 6. Distance de visibilité en plan dans les courbes.....	20
Figure 7. Clothoïde.....	20
Figure 8. Profil en long.....	22
Figure 9. Distance de visibilité en angle saillant.....	23
Figure 10. Distance de visibilité en angle rentant.....	23
Figure 11. Profil en travers.....	24
Figure 12. Devers en alignement droit.....	27
Figure 13. MNT Tronçon1.....	28
Figure 14. Allure du profil en long TN Tronçon1.....	29
Figure 15. Tabulation Tronçon1.....	29
Figure 16. Allure du profil en long projet tronçon1.....	30
Figure 17. Profil en travers types projet.....	31
Figure 18. MNT et Axe en plan Tronçon2.....	31
Figure 19. Allure profil en long TN Tronçon2.....	32
Figure 20. Tabulation axe en plan Tronçon2.....	32
Figure 21. MNT et Axe en plan Tronçon3.....	32
Figure 22. Tabulation Axe en plan Tronçon3.....	32

Figure 23. Allure profil en long projet Tronçon3.....	33
Figure 24. MNT et Axe en plan Tronçon4.....	33
Figure 25. Allure profil en long TN Tronçon4.....	33
Figure 26. Tabulation axe en plan Tronçon4.....	34
Figure 27. Allure profil en long projetTronçon4.....	34
Figure 28. MNT et Axe en plan Tronçon5.....	34
Figure 29. Tabulation Axe en plan Tronçon5.....	34
Figure 30. Allure profil en long TN Tronçon5.....	35
Figure 31. Allure profil en long projet Tronçon 5.....	35
Figure 32. Chaussée souple.....	39
Figure 33. Chaussée à assise traitée au liants hydraulique.....	39
Figure 34. Dalles non goujonnées avec fondation.....	40
Figure 35. Caractéristique des talus.....	47
Figure 36. Profondeur moyenne des points topographiques.....	48
Figure 37. Paramètre des 3 niveaux.....	49
Figure 38. Essai de flexion.....	58
Figure 39. Vu en plan d'un réseau d'assainissement.....	59

Notations et abréviations

PST	Partie Supérieure des terrassements
MNT	Model Numérique du Terrain
BB	Béton Bituminé
GB	Grave Bitumineuse
GC	Grave Concassée
UVP	Unité de véhicule particulière
TJMA	Trafic Journalier Moyen Anuel
TJMA0	Trafic Journalier Moyenne Anuelle à l'année de référence
TPL	Trafic poids lourd
TPC	Terre Pleine centrale
VB	vitesse de base
VP	véhicule particulier
VL	Véhicule lourd
véh.	véhicule
v	Vitesse
Q	débit
h	Heure
j	jour
TN	Terrain Naturel
CC	Chémin communale
CW	Chémin willaya
TC	Transport commun

Les unités

m	mètre
l	litre
s	seconde
ha	hectare
KN	Kilo Newton

INTRODUCTION GENERAL

CHAPITRE I :
PARAMETRES FONDAMENTAUX DU
PROJET

PRÉSENTATION DE PROJET

CHAPITRE II :

ETUDE DE TRAFIC

CHAPITRE IV :
ETUDE GÉOTECHNIQUE

CHAPITRE V :
DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE
CHAUSSÉE

CHAPITRE III :
CARACTÉRISTIQUES
GÉOMÉTRIQUES DE LA ROUTE

CHAPITRE VI :

CUBATURE

CHAPITRE VII

ASSAINISSEMENT

CONCLUSION GENERAL

Introduction général

Le réseau routier écoule la plus grande partie des flux de transport de voyageurs et de marchandises, il constitue ainsi un support fondamental au développement économique d'un pays. Cependant l'augmentation incessante des véhicules sur les autoroutes et les routes à entraîner ses infrastructures sollicitées au-delà de leurs capacités.

Les routes sont appelées à écouler des trafics de plus en plus élevés. Elles subissent ainsi des contraintes qui atteignent leur limite de résistance. D'où la saturation d'une certaine partie du réseau routier, qui est facteur d'apparition de plusieurs dégradations. Afin d'assurer une fluidité de la circulation et d'augmenter la capacité de la route, des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements (dédoublément) sont nécessaire.

C'est dans cette optique que se situe ce présent projet de fin d'études '**Etude de dédoublément de la RN 92 sur 5 km**' qui consiste à élargir la route existante (2 voies) par le dédoublément (2x2voies) avec un séparateur, afin d'augmenter le niveau de service de la route.

Pour l'élaboration de ce projet nous avons adopté sept chapitres :

Chapitre 1 : Paramètre fondamentaux du projet ;

Chapitre 2 : Etude de trafic ;

Chapitre 3 : Caractéristiques géométriques de la route

Chapitre 4 : Etude géotechnique.

Chapitre 5 : Dimensionnement de la chaussée

Chapitre 6 : Cubature.

Chapitre 7 : Assainissement

PRESENTATION DU PROJET

Localisation :

La wilaya de Saïda couvre une superficie totale de 6765 km², localisée au Nord-ouest de l'Algérie, elle est limitée au Nord par la wilaya de Mascara, au Sud par celle d'El Bayadh, à l'Est par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbés (Figure 04). La wilaya de Saïda est constituée de six daïras et de seize communes.

Saïda occupe une place importante et jouit d'une position stratégique au niveau des hauts plateaux ouest suivant le plan national d'aménagement du territoire. La population totale de la wilaya est estimée à 350 766 habitants, soit une densité de 200 habitants par Km².

La wilaya dispose d'un important réseau routier constitué de :

- Routes nationales : 372 km
- Routes wilayas : 645 km
- Routes communales : 433 km

Problématique

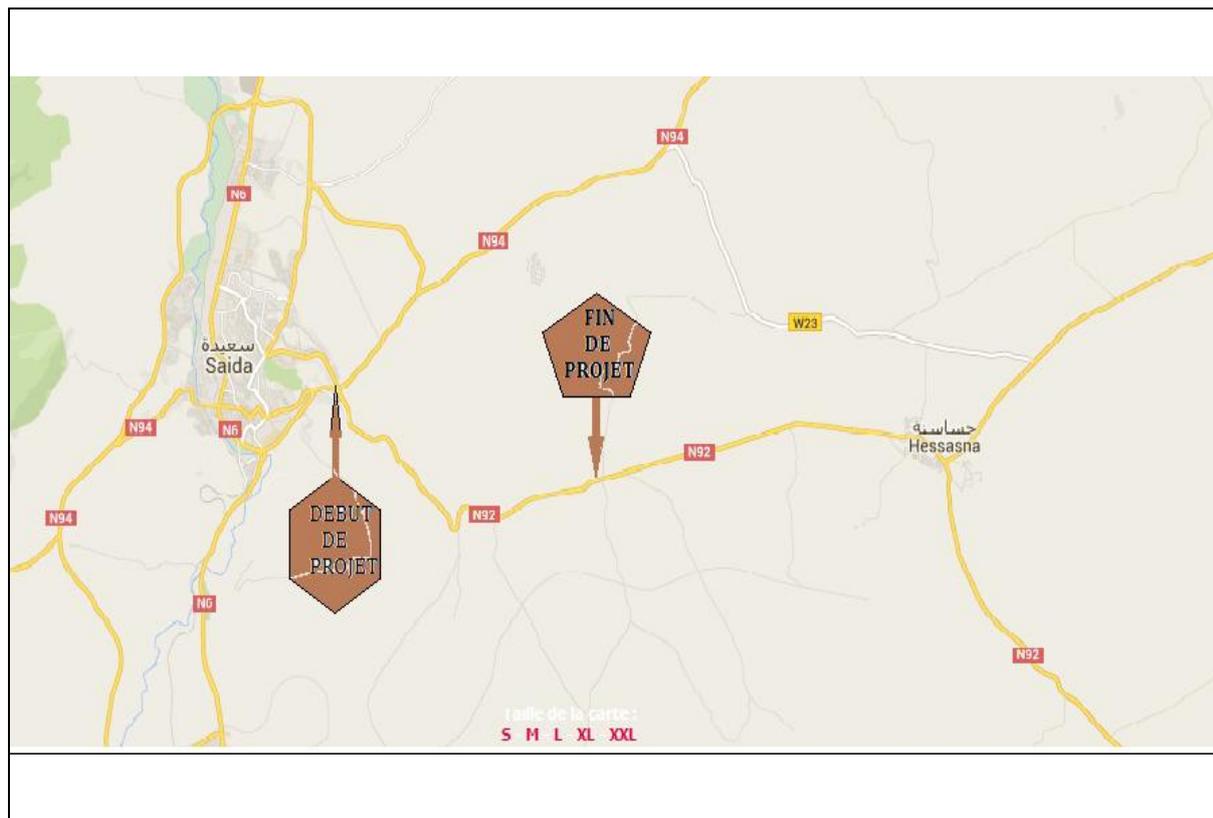
Le tronçon de la Route Nationale RN 92 étudié dans ce projet est déjà aménagé par une seule chaussée bidirectionnelle à 2 voies. Il canalise aujourd'hui à la fois un important trafic de transit et un trafic local intense. La RN 92 constitue un axe majeur de circulation routière car elle est concernée à la fois par les flux de transit entre la wilaya de Saïda et SIDI BELLABES, mais aussi par les flux d'échange de la ville de SAIDA, de son agglomération et des villages de la périphérie.

Les analyses prospectives réalisées montrent que les trafics de transit et d'échanges vont se développer encore dans les prochaines années et que la wilaya de SAIDA devrait connaître dans les vingt prochaines années un rythme de croissance.

La RN 92 actuelle présente déjà, de très graves signes de saturation aux heures de pointe et lors des périodes estivales.

Situation du projet :

Notre projet consiste à étudier le dédoublement de RN 92, qui prend son origine à partir de l'intersection RN 92/CW16 SIDI DJELLOUL et se termine à l'intersection RN92/ CC DOUAR OUED AOUED sur 5km à SAIDA ;



Les objectifs recherchés à travers le projet sont :

- Assurer une fluidité de la circulation et sécuriser les usagers sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- Augmenter la capacité de la route.
- Réduire le temps de parcours.
- Améliorer le système de drainage.

1. Introduction :

En fonction des objectifs assignés à la route projetée, celle-ci aura des caractéristiques géométriques déterminées pour atteindre le niveau de service visé. Ces caractéristiques géométriques d'aménagement sont déterminées en fonction de paramètres physiques fondamentaux mesurables. Ces paramètres dépendent des véhicules, des conducteurs, de la chaussée ou de l'ensemble des trois réunis. Ils sont estimés (fixés) à partir d'études expérimentales et expriment le comportement dynamique du véhicule sur la chaussée et celui du conducteur.

2. Catégorie :

La classification des routes se fait de trois façons selon qu'il s'agisse de l'objectif qu'elle doit satisfaire, de sa gestion ou de sa nature juridique. On dit alors qu'il s'agit d'une classification technique, administrative ou juridique. Ici, on ne s'intéresse qu'à l'aspect technique de la classification.

En Algérie, la classification technique et donc, le niveau de service à atteindre, dépendent du type de liaison que la route doit assurer. Les caractéristiques techniques dont sera dotée la route sont modulées en fonction de la topographie des régions traversées. Ainsi, les objectifs attendus d'une infrastructure routière peuvent être compris à partir de la catégorie de la route projetée. En effet, la norme B40 retient une classification en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement du territoire pour l'ensemble des itinéraires de l'Algérie. Il y a une correspondance entre les finalités assignées à une catégorie de route donnée et les objectifs techniques de niveau de service attendu de la liaison projetée.

Catégorie 1 : Les routes de cette catégorie correspondent aux liaisons entre les grands centres économiques et les centres d'industries lourdes considérés deux à deux, et les liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers le réseau de base précédent.

Catégorie 2 : Cette catégorie de routes assure les liaisons entre les pôles d'industrie de transformation entre eux, et les liaisons de raccordement des divers pôles d'industries légères avec le réseau de la catégorie 1.

Catégorie 3 : Ceux sont les liaisons des chefs-lieux de Daïra et des chefs-lieux de Wilaya avec le réseau des catégories 1 et 2 quand ils ne sont pas desservis par ces derniers.

Catégorie 4 : Les routes de cette catégorie assurent les liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de routes de catégories 1, 2 et 3 avec les chefs-lieux de Daïra, dont ils dépendent.

Catégorie 5 : Cette catégorie de routes comprend toutes les routes et pistes n'appartenant pas aux catégories précédentes.

3. Environnement de la route :

La norme algérienne B40 introduit la notion d'environnement qui tient compte de la topographie de l'itinéraire et des courbes du tracé. Tout itinéraire classé dans l'une des cinq catégories de routes peut être décomposé en tronçons se développant dans l'une des trois classes d'environnement E1, E2, E3 en fonction du relief et de la sinuosité de la route sur la base d'études sur les coûts d'aménagement et d'entretien. Ces classes sont dites classes d'environnements facile E1, moyen E2 et difficile E3.

3.1. La sinuosité :

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égal à 200m, sur la longueur total de l'itinéraire.

$$\sigma = \frac{\sum l_{si}}{L} \quad (R \leq 200m) \quad (1)$$

Tableau 1. Classification de la sinuosité de la route selon la B40

Sinuosité cumulée moyenne σ	Classification du tracé
$\leq 0,1$	Sinuosité faible
0,1-0,3	Sinuosité moyenne
$> 0,3$	Sinuosité forte

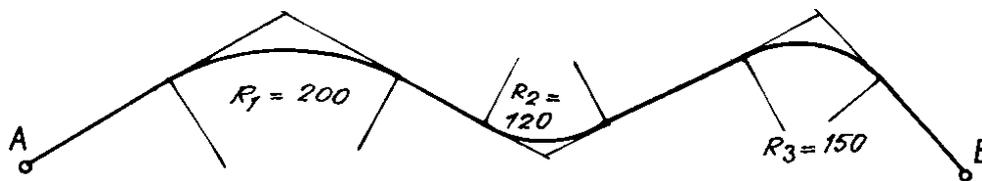


Figure 1. Tracer en plan pour calculer la sinuosité

3.2. Dénivelée cumulée moyenne :

La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre (h/L) est exprimé par la somme des dénivelées cumulées $h = \sum h_i$, le long de l'itinéraire, rapportée à la longueur totale L de cet itinéraire et permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

Tableau 2 : Classes du relief en fonction de la dénivelée selon la B40

Dénivelée cumulée moyenne	Classification du relief
$h / L < 1.5 \%$	Terrain plat
$1.5 \% < h / L < 4 \%$	Terrain vallonné
$h / L > 4 \%$	Terrain montagneux

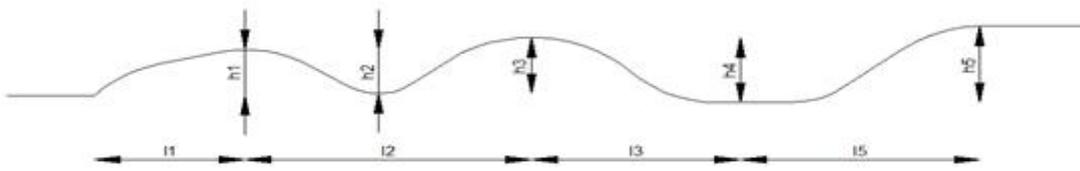


Figure 2. Profil en long

3.3. Les classes d'environnement :

Elles sont définies en fonction des valeurs du relief et de la sinuosité comme le montre le tableau 3.

Tableau 3. Classes d'environnement en fonction du relief et de la sinuosité [1]

Relief	Sinuosité		
	faible	moyenne	Forte
Plat	E1	E2	-
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	-	E3	E3

4. La vitesse de référence :

Pour éviter que le conducteur ne soit surpris, à l'approche des points singuliers tels que les virages, on doit donner à l'itinéraire des caractéristiques homogènes. Pour cela, on doit aménager tous les points particuliers de la route avec une vitesse, appelée **vitesse de référence** (ou vitesse de projet), pour qu'en toute occasion, un conducteur isolé ne soit pas contraint de «rouler» en dessous.

La vitesse de référence 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 ; C'est aussi le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire.

Le choix des valeurs de la vitesse de référence résulte d'un calcul économique comparant les avantages procurés aux usagers, exprimés par le concept de niveau de service et les investissements consentis. On adopte, pour la vitesse de référence des valeurs dans la plage 40 à 120 Km/h en fonction de la catégorie de la route, de l'environnement et de la politique économique du pays. [2]

Tableau 4. Valeurs des vitesses de référence [1]

Catégorie de la route ⇒ Environnement ↓	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5
Facile	80-120	80-120	80-120	60-100	40-80
Moyen	60-100	60-100	60-100	60-80	40-60
Difficile	40-80	40-80	40-80	40-60	40

5. Distance de visibilité d'arrêt :

Dans un souci de sécurité mais également de confort, la conception géométrique des routes doit permettre d'assurer des conditions de visibilité satisfaisantes tant au droit des points singuliers qu'en section courante.

La distance de visibilité d'arrêt est la distance requise pour pouvoir immobiliser son véhicule si un obstacle surgit devant soi ; cet obstacle peut être un véhicule, un piéton, un virage, un dos âne etc.

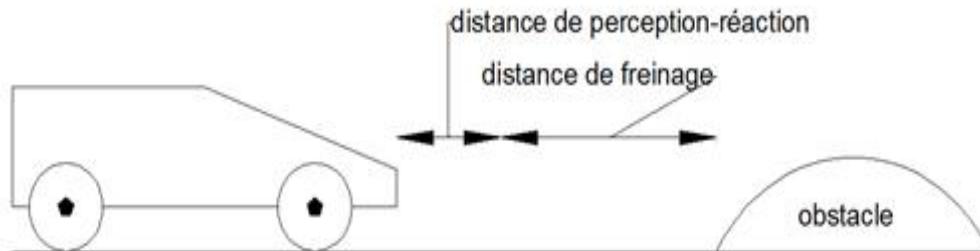


Figure 3. Distance de visibilité d'arrêt

La distance d'arrêt d_l est égale à la somme de :

- La distance parcourue pendant le temps de perception-réaction
- La distance de freinage d_o

5.1. La distance parcourue pendant le temps de perception - réaction du conducteur :

Cette distance dépend du conducteur et le système de freinage du véhicule (Il y a des freins durs).

$$S = \frac{V}{3.6} t_p \quad (2)$$

Avec : V , la vitesse du véhicule en Km/h

t_p : le temps de perception réaction en seconde

s : la distance de perception-réaction en mètre

➤ Temps de perception – réaction :

Le temps de perception et de réaction est défini comme étant le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement, voire un arrêt complet du véhicule. Ce temps est constitué :

- Le temps physiologique de perception et de réaction du conducteur pour apercevoir, regarder, comprendre et agir.
- Le temps mort des organes mécaniques du véhicule : course de la pédale de freins et demi temps de mise en pression du dispositif de freinage. [2]

$$t_p = 1.8s \quad \text{si } V > 80 \text{ km/h.}$$

$$t_p = 2s \quad \text{si } V \leq 80 \text{ km/h.}$$

5.2. La distance de freinage d_o :

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant l'action du freinage ; elle dépend du véhicule, de la chaussée et de la vitesse de déplacement.

Elle est fonction :

- ✓ de la masse du véhicule m ,
- ✓ de sa vitesse de référence v ,
- ✓ du coefficient de frottement longitudinal des pneumatiques sur le revêtement de la chaussée.

Elle est calculée à partir des équations du mouvement uniformément varié et s'exprime par la formule suivante :

$$d_0 = \frac{v^2}{254 f_e}$$

- **Plan incliné** : Dans le cas d'un plan incliné, ayant une pente de $i\%$, il y'a une contribution supplémentaire de la pesanteur dans l'opération de freinage et la formule précédente prend la forme suivante :

$$d_0 = \frac{v^2}{254 \left(f_e \pm \frac{i}{100} \right)}$$

- **En courbe**, il convient de prendre en compte l'accroissement de la distance d'arrêt. En effet, le freinage doit être moins énergique en courbe et il est donc admis de majorer de 25% la distance de freinage pour les virages de rayon inférieur à $5V$ (Km/h).

$$d_0 = \frac{4 v^2}{254 \left(f_e \pm \frac{i}{100} \right)} + 1.25$$

Avec : d_0 en mètre

i : pente(+) ou rampe (-) en %

f_e : coefficient de frottement longitudinal

Le coefficient de frottement longitudinal f_e varie avec l'état des pneus et l'état de la chaussée comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

Tableau 5. Valeurs normalisées du coefficient de frottement longitudinal f_e [1]

V km/h	40	60	80	100	120	140
Cat1-2	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30
Cat3-4 et 5	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	-

6. Distance de visibilité de dépassement

La distance de visibilité de dépassement est la distance requise qui permet à un véhicule A roulant à une vitesse V de dépasser un véhicule B roulant à une vitesse v avec $v > 15 \text{ km/h}$ sans rentrer en collision avec un véhicule roulant en sens inverse à une vitesse v .

Cette distance est estimée égale au double de la distance parcourue par le véhicule pendant la durée de dépassement.

$$d = 2Vt_d$$

Avec : t_d Temps de dépassement en seconde

7. Distance d'anticipation :

La distance de visibilité d'anticipation est nécessaire pour permettre au conducteur de détecter une source d'information ou de danger, de la reconnaître, de choisir l'action appropriée et de compléter la manœuvre.

Elle correspond à la distance parcourue pendant 7 à 8 s

Application de projet :

❖ Catégorie :

La RN 12 suivant ses finalités économiques et administratives des itinéraires considérés, se place dans la catégorie 1 (C1).

❖ La Dénivelée Cumulée moyenne :

Le tracé de notre projet effectué donne :

$$\frac{h}{L} = \frac{93.95}{4775.00} = 0.019 = 1.9\%$$

C'est à dire entre 1.5% et 4% donc selon tableau 1 (B40) → Terrain est vallonné.

❖ Sinuosité :

Pour la sinuosité nous avons deux rayons inférieurs à 200 m,

$$\sigma = \frac{\sum l_{si}}{L} = \frac{80.682 + 106.211}{4775.00} = 0.039 < 0,1$$

⇒ La Sinuosité Faible, selon tableau 2 (B40)

❖ Type d'environnement

Puisqu'on a trouvé que le terrain est vallonné et que la sinuosité est faible, ce qui donne d'après le tableau 3, le type d'environnement E2.

❖ Vitesse de référence

En fonction du type de route, l'importance et genre de trafic, la topographie et les conditions économiques d'exécution et d'exploitation, la vitesse de référence choisie dans notre projet est : **V_r = 80 Km/h.**

❖ La distance élémentaire de freinage d₀ :

Sur plan horizontal :

$$d_0 = \frac{v^2}{254 f_e} \quad \text{avec } (v = 80 \text{ km/h et } f_e = 0.39)$$

$$d_0 = 64.6 \text{ m}$$

❖ La distance d'arrêt d₁ :

Sur plan horizontal

$$d_1 = \frac{v}{3.6} t_p + \frac{v^2}{254 f_e} \quad \text{avec } (v = 80 \text{ km/h, } f_e = 0.39 \text{ et } t_p = 2\text{s})$$

$$d_1 = 109.04 \text{ m.}$$

1. Introduction :

Dans une étude visant à améliorer les conditions de circulation d'un tronçon d'une route, la connaissance de la qualité du trafic est une donnée primordiale. Elle impactera directement les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées et permet de prévoir une bonne organisation et une meilleure planification de la circulation.

L'étude de trafic permet de quantifier les déplacements existants et à venir. 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.

La détermination des données quantitatives d'un trafic permet de :

- Calculer les charges à supporter par un réseau ;
- Estimer le coût d'entretien des infrastructures existantes ;
- Déterminer la capacité des futures infrastructures à restaurer ;
- Définir les caractéristiques techniques et géométriques à donner aux différents tronçons de la voirie.

2. L'analyse des trafics existants :

Dans une optique de compréhension de l'évolution du trafic routier, différentes types d'information sont nécessaires telles sa nature (pourcentage de transit, échange, local), sa composition (pourcentage de VP, PL, deux-roues, TC...) et son volume (en UVP / heure de pointe par sens ou en véhicule/jour), éventuellement dans les différentes solutions envisagées en matière de points d'échanges (localisation, mouvements autorisé).

Ces informations sont obtenues par différents procédés complémentaires:

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

2.1. Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude du trafic, on distingue deux types de comptage : Les comptages manuels et les comptages automatiques permanents ou temporel.

➤ Les comptages manuels :

Sa mise en place est plus lourde mais elle ne nécessite pas de matériels sophistiqués. Par contre, elle demande beaucoup d'agents de comptage réalisant des relevés de la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

➤ Les comptages automatiques :

Ils s'effectuent automatiquement par l'intermédiaire des appareils appropriés. Ils consistent à équiper les routes à fort trafic des stations de comptage reliées à des capteurs-détecteurs noyés sous chaussée afin de recenser la circulation de façon continue en ses points ; et permet de

connaître le nombre de véhicule par unité de temps. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires.

2.2. Les Enquêtes origine-destination (cordon) :

Une enquête origine-destination est une enquête de circulation qui permet d'obtenir des informations sur des déplacements routiers. Elle consiste ainsi à interviewer des automobilistes ou des chauffeurs de poids-lourds sur le déplacement qu'ils sont en train de réaliser.

Cette enquête permet de mieux connaître les déplacements automobiles qui ne font que traverser l'aire d'étude (trafic de transit) ou qui n'ont qu'une de leurs extrémités incluses dans cette aire (trafic d'échange). Elle fournit également des informations importantes sur le transport de marchandises. Ces résultats sont analysés afin d'établir un état des lieux des déplacements routiers sur l'aire d'étude et de prévoir les améliorations à apporter aux réseaux de transports de wilaya.

Les résultats des enquêtes cordon sont de pertinents outils d'aide à la décision pour les futurs projets d'infrastructures de transport.

3. Différents types de trafics :

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des différents types de trafic couramment employés :

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation) ;
- **Trafic d'échange** : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange) ;
- **Trafic local** : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée ;

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **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.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic total** : C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

4. Calcul de la capacité :

On définit la capacité de la route par le nombre maximale de véhicule pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire ; la procédure de calcul à suivre est :

➤ **1ère Etape : Evaluation de la demande**

On n'a besoin de connaître à l'année horizon, le trafic effectif en unité de véhicules particuliers (uvp).

Trafic à un horizon : Du fait de la croissance annuelle du trafic.

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n \quad (1)$$

Tel que: **TJMA_h** : trafic journalier moyen à l'année n (années horizon).

TJMA₀ : trafic journalier moyen à l'année 0 (année de référence).

τ : taux d'accroissement annuel.

n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

Trafic effectif:

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

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \times Z] \times TJMA_h \quad (2)$$

Tel que : **Z** : le pourcentage de poids lourds ;

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route tableau 6.

Tableau 6. Coefficient d'équivalence « **P** »

Type de route	Profil de plaine E ₁	Profil vallonné E ₂	Profil montagneux E ₃
Route à 2 voies	3	6	12
Route à 3 voies	2.5	5	10
Route à 4 voies	2	4	8

Débit de pointe horaire normal:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{\text{eff}} \text{ en UVP/h} \quad (3)$$

➤ **2ème Etape : Evaluation de l'offre :**

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

$$Q_{\text{adm}} = k_1 \times k_2 \times C_{\text{th}} \quad (4)$$

Tel que : **C_{th}** : la capacité théorique.

K₁ : coefficient qui dépend de l'environnement.

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

Tableau 7. Coefficient « **k₁** »

Environnement	E1	E2	E3
k ₁	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau 8. Coefficient « K_2 »

Environnement	Catégorie de la route				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
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 9. Capacité théorique « C_{th} »

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

➤ **3^{ème} Etape : Détermination 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 :

$$Q \leq Q_{adm} \quad (5)$$

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

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}} \quad (6)$$

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

5. Application au projet :

Les données de trafic :

- ✓ Le comptage effectué en 2013 a donné lieu à un trafic de 9400 véhicules/j

$TJMA_0 = TJMA_{2013} = 9400$ véhicules/j.

Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 3\%$

Le pourcentage de poids lourds $Z = 30\%$

- ✓ La vitesse de base $V_B = 80$ Km/h
- ✓ Année de mise en service : 2015
- ✓ La durée de vie (durée à laquelle la chaussée sera probablement saturée) : 30ans.
- ✓ Catégorie C1
- ✓ L'environnement E2

Evaluation offre-demande :

❖ Calcul de TJMA horizon

$$\begin{aligned} TJMA_{2015} &= (1+\tau)^n \times TJMA_{2013} = (1+0.03)^2 \times 9400 \\ &= 9972 \text{ v/j} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TJMA_{2045} &= (1 + 0.03)^{30} \times 9972 \\ &= \mathbf{24205 \text{ véh./j}} \text{ est le trafic à l'année horizon.} \end{aligned}$$

❖ **Trafic effectif à l'année 2045**

$$\begin{aligned} T_{\text{eff}} &= [(1 - \tau) + P \times Z] TJMA_{2045} \text{ avec } P = 4 \text{ (route } E_2 \text{ à 4 voies) d'après tableau 6.} \\ &= [(1 - 0.3) + 4 \times 0.3] \times 24205 \\ T_{\text{eff}} &= \mathbf{45989 \text{ uvp/j.}} \text{ est le trafic effectif à l'année horizon} \end{aligned}$$

❖ **Débit de pointe horaire normale (Demande) :**

$$\begin{aligned} Q &= (1/n) T_{\text{eff}} \quad \text{avec } (1/n) \text{ coefficient de pointe prise égale } 0.12 \\ &= 0.12 \times 45989 \end{aligned}$$

$$\mathbf{Q = 5519 \text{ uvp/h}}$$

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

$$\begin{aligned} Q \leq Q_{\text{adm}} &\rightarrow Q \leq k_1 \times k_2 \times C \rightarrow C \geq Q / k_1 \times k_2 \\ \left. \begin{array}{l} \text{Catégorie C1} \\ \text{Environnement E1} \end{array} \right\} &\begin{array}{l} k_1 = 0.85 \\ k_2 = 0.99 \end{array} \quad C \geq 5519 / 0.85 \times 0.99 \end{aligned}$$

→ $\mathbf{C \geq 6559 \text{ uvp/h}}$ → on est dans le cas d'une route à chaussées séparées.

❖ **Débit Admissible (Offre) :** Le débit que supporte une section donnée.

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

Avec :

C_{th} : Capacité de saturation maximale d'une voie prise égale à 1800 uvp/h d'après B40 (route à chaussées séparées).

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

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

Détermination du nombre de voie :

$$N = S \times \frac{5519}{1515} = \frac{2}{3} \times \frac{5519}{1515} = 2.42 \approx 2$$

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

Le nombre de voies à retenir par sens est de 2 ; soit un profil en travers de 2x2 voies.

Et pour des raisons de continuité du profil en travers, nous avons opté pour un profil à chaussée séparée de (2x2 voies de 7,60m) et des accotements de 2,5m de chaque côté, avec TPC de 3m.

❖ Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₁₃ (v/j)	TJMA ₂₀₁₅ (v/j)	TJMA ₂₀₄₅ (v/j)	T _{eff 2045} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
9400	9972	24205	45989	5519	2

❖ **Conclusion :**

Le nombre de voies à prévoir dépendent largement du niveau des trafics observés (TJMA₂₀₁₃), et des accroissements prévisibles (TJMA₂₀₁₅ ; TJMA₂₀₄₅ ; T_{eff}), mais également de la composition de ce trafic (%PL). La réussite du projet dépend aussi de ces paramètres car un trafic sous-estimé conduira à court terme à une saturation de la route et à sa dégradation rapide.

1. Introduction :

En matière de conception géométrique des infrastructures routières, la prise en compte de la sécurité routière est assurée par des réglementations à deux niveaux :

1^{er} niveau : facteurs à caractères très généraux

- facteurs liés au véhicule automobile (caractéristiques physique et dynamiques, état de fonctionnement)
- facteur liés au comportement humain (réaction psychologiques de l'homme)

2^{ème} niveau : facteurs liés aux caractéristiques du milieu (climat, trafic, aspects sociaux et économiques) locaux facteurs.

NB : Sécurité optimale ↔ normes adaptées au contexte local ;

Toute route est caractérisée par : le tracé en plan (parties droite, virages), le profil en long (déclivités), et le profil en travers.

Ces caractéristiques sont établies afin de permettre au trafic de s'effectuer avec la rapidité voulue (vitesse de référence) et dans les conditions de sécurité désirables, afin de réaliser en outre la jonction des localités à desservir et de drainer le trafic des voies de communication affluentes ; toutes les conditions étant réalisées avec des dépenses raisonnables, compte tenu des dépenses d'entretien à prévoir.

2. Trace en plan :

Le trace en plan est la projection de route sur un plan horizontal ; il est constitué par des alignements droits, réunis par des courbes (arcs de cercle et courbes de transition).

2.1. L'alignement droit :

Les sections en plan rectiligne de longueur supérieur à 3km sont à éviter afin d'éviter la monotonie, cause fréquente de relâchement dans la vigilance des conducteurs de véhicules et l'éblouissement (phares), dans la conduite de nuit.

En première approximation la longueur de l'alignement droit peut être limitée à la distance parcourue par le véhicule en 1,5 à 2 minutes à la vitesse de référence.

2.2. Les courbes de raccordements :

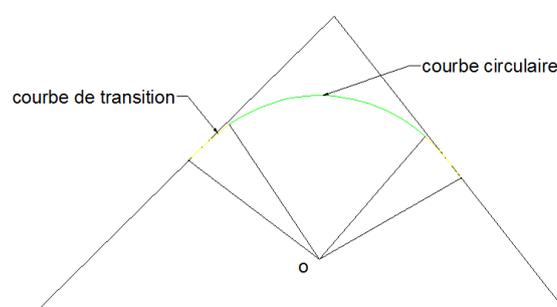


Figure 4. Courbe de raccordement

➤ **Surlargeurs :**

A la différence des alignements droits, pour assurer l'inscription des véhicules circulant sur la voie et faciliter leur conduite, on donne une surlargeur S(en mètre) qui est donnée approximativement, pour un rectangle de 3×12 m par la formule :

$$SR = 20 \quad (1)$$

R étant le rayon de courbure de l'axe de la route exprimé en mètre. De façon générale, cette surlargeur S est sensiblement égale à :

$$\frac{d^2}{R} \quad (2)$$

d (en mètre) = distance comprise entre l'avant du véhicule le plus long susceptible d'emprunter la route et l'essieu arrière (voir figure ci-dessous).

R= même signification que ci-dessus.

Les surlargeurs ne sont pas indispensables pour les courbes de rayon en plan supérieur à 250m.

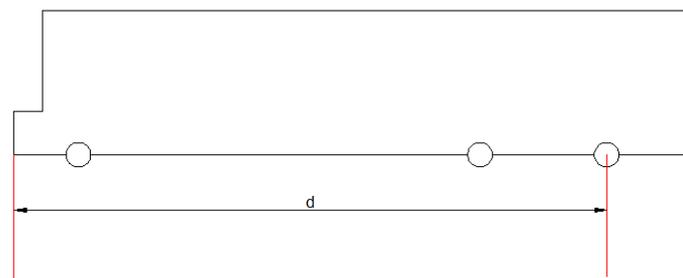


Figure 5. Distance entre l'avant du véhicule et l'essieu arrière

La surlargeur doit régner sur toute la longueur de la courbe ; elle est prise soit du côté intérieur du virage, soit du côté extérieur, soit des deux côté (en conservant l'axe de la route). On prévoit un raccordement entre la partie droite de largeur normale et la partie élargie du virage.

➤ **Stabilité des véhicules en courbe :**

Pour faciliter la circulation des véhicule à marche rapide, on donne aux courbes un devers il faut donc assurer l'équilibre du véhicule ; le mouvement du véhicule est contraint par les forces suivantes :

- force frottement pneu-revêtement
- force centrifuge
- la force de l'air

Le relèvement du virage doit s'étendre à la totalité de la courbe. Ces devers se calculent en tenant compte les force citées ci-dessus.

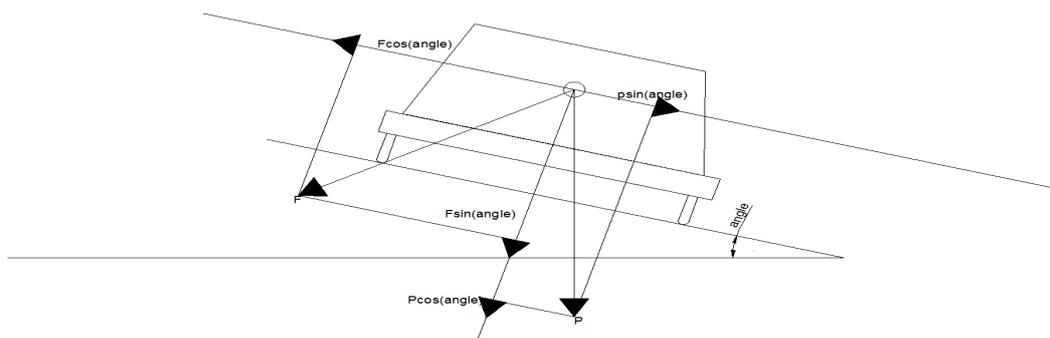


Figure 5. Véhicule en courbe de raccordement

L'équilibre dynamique (relation fondamentale de la dynamique) du véhicule ci-dessus implique la relation suivante :

$$d + f_t = \frac{V^2}{127 R} \tag{3}$$

Avec :

d : le devers ($d = \text{tg}(\text{angle})$)

f_t : Coefficient de frottement transversal

R : Le rayon en mètre

V : La vitesse en km/h

Tableau 10. Coefficient de frottement transversal

Catégorie	Vitesse en km/h				
	40	60	80	100	120
1-2	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10
3 - 4 et 5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11

Tableau 11. Devers selon B40

CATEGORIE	ENVIRONNEMENT			Observation
	Facile	Moyenne	Difficile	
Cat 1-2	2,5%	2,5%	2,5%	Devers minimale en alignement droit
Cat 3-4 et 5	3,5%	3,5%	3,5%	
Cat 1 et 2	7%	7%	7%	Devers maximale en courbe
Cat 3-4	8%	8%	8%	
Cat 5	9%	9%	9%	

- **Rayon horizontale minimale absolue :**

$$R_{Hm} = \frac{V^2}{127(f_t + d_{\max})} \tag{4}$$

d_{\max} : devers maximale

- **Rayon horizontal minimal normal :**

Pour les catégories 1, 2, 3 et 5

$$R_{HN} = \frac{(V + 20 \text{ km/h})^2}{127(f_t + d_{\text{réduit}})} \quad (5)$$

$d_{\text{réduit}}$ = devers réduit

Il est fonction de la catégorie de la route.

$d_{\text{réduit}} = d_{\text{max}} - 2\% \rightarrow \text{cat. 1, 2, 3, 4}$

$d_{\text{réduit}} = d_{\text{max}} - 3\% \rightarrow \text{cat. 5}$

- **Rayon au dévers minimal RHd :**

C'est le rayon pour lequel la chaussée est déversée, l'intérieur de la courbe d'une valeur au maximum égale au devers minimale recommandé en alignement droit soit 2,5% pour la catégorie 1 et 2, et 3% pour la catégorie 3, 4 et 5.

$$R_{Hd} = \frac{V^2}{157d_{\text{min}}} \quad (6)$$

- **Rayon non déversé RHnd :**

C'est la valeur du rayon horizontal qui ne nécessite pas de déversement de la chaussée.

La norme B40 donne une correspondance avec R_{Hd} .

$$R_{Hnd} = 1,43 R_{Hd} \quad \text{Pour les routes de catégorie 1 et 2.}$$

$$R_{Hnd} = 1,25 R_{Hd} \quad \text{Pour les catégories 3 et 4 (E1)}$$

$$R_{Hnd} = 1,33 R_{Hd} \quad \text{Pour les catégories 4 et 5 (E2, E3).}$$

De toute façon, il convient de ne pas descendre au-dessous de 12 m.[1]

- **Distance de visibilité en plan dans les courbes :**

Si « a » est la distance des deux conducteurs à l'axe de la route, la distance à l'axe de la chaussée du point dont le dégagement est nécessaire est :

$$h = a + \frac{d^2}{8}(R - a) \quad \text{Ou} \quad h = 2 + \frac{d^2}{8}(R - a) \quad (7)$$

En prenant $a=2\text{m}$; tous les obstacles à plus de 1m au-dessus du niveau de la chaussée doivent être enlevés sur une profondeur H (voir figure 4) ;

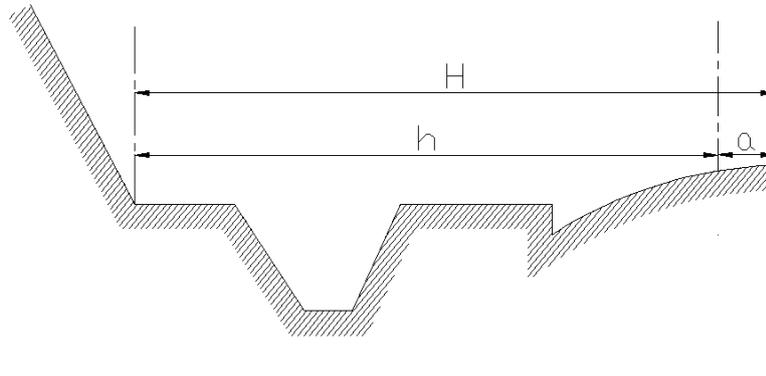


Figure 6. Distance de visibilité en plan dans les courbes

2.3. Les courbes de transition

Ce sont : des clothoïdes, des paraboles cubiques, des lemniscates.

➤ **Clothoïde :**

L'équation de la clothoïde s'écrit : $\rho = \frac{C}{S}$ (8)

Avec :

ρ : le rayon de la courbure au point considéré

S : la longueur de la courbe depuis l'origine jusqu'au point considéré

C : constante

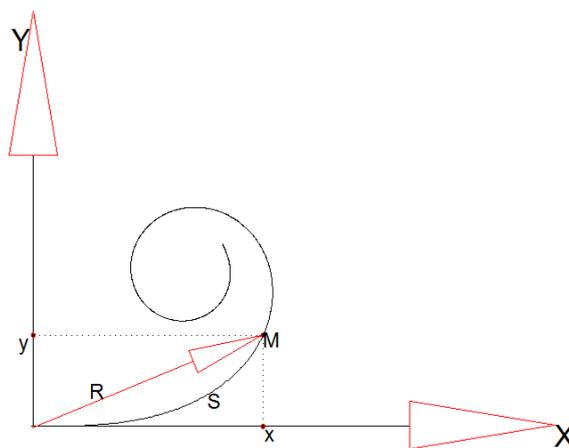


Figure 7. Clothoïde

$A^2 = R \times L = C$ (9)

Avec :

A : le paramètre du clothoïde

R : le rayon de la courbure

Et L : la longueur total du raccordement

Connaissant le paramètre A de la clothoïde on peut déterminer les coordonnées de n'importe quel point à l'aide du tableau de clothoïde unité.

- Parabole cubique
- Lemniscate

On entend souvent des courbes en « c » en « s » en « ove », ces courbes sont formés par la combinaison des éléments cités ci-dessus ils interviennent quand les objectifs désirés ne peuvent d'être atteints par ces derniers (courbe circulaire, clothoïde...).

Un raccordement progressif doit satisfaire à trois conditions :

- De confort dynamique
- De gauchissement
- Et de confort optique

❖ **Condition de confort dynamique :**

Le respect de cette condition permet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon, en particulier à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique en limitant, par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules. La norme B40 limite l'accélération transversale, non compensée par le dévers

($\gamma = \frac{V^2}{R} - g\Delta d$), à laquelle est soumis le véhicule et ces passagers à

$$\gamma = \frac{g}{(0,2 \times V_R)} \quad \text{Avec } V_R : \text{ la vitesse de référence en Km.}$$

$$L = \frac{V_R^2}{18} \left(\frac{V_R^2}{127 R_H} - \Delta d \right) \quad \text{Avec } L : \text{ la longueur de raccordement}$$

❖ **Condition de gauchissement :**

Le respect de cette condition permet d'assurer un aspect satisfaisant à la route, en particulier dans la zone de variations du dévers. Pour cela la norme B40 a limité la pente du bord extérieur de la chaussée par rapport à l'axe du profil en long par la relation suivante :

$$\Delta p = \frac{0,5}{V_R} \quad (10)$$

$$L = \frac{x \times \Delta d \% \times V_R}{50} \quad (11)$$

Avec x : distances du bord de la chaussée déversée à l'axe de rotation.

❖ **Condition de confort optique :**

Il s'agit en particulier, de rendre perceptible, suffisamment à l'avance, la courbure du tracé de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

2.4. Commentaires

- Il faut toujours utiliser des rayons supérieur ou égal au rayon normal R_{HN}
- L'usage des rayons $<$ à R_{Hm} est à prohiber
- Pour $R_{hm} \leq R_h \leq R_{Hd}$ le dévers adapter est obtenu par interpolation linéaire en $1/R$ arrondi à 0,5%.

- Pour $R_h > R_{Hd}$, il faut prendre le devers minimal (2,5% ou 3% selon la catégorie)
- Pour $R_{hm} \leq R_h \leq R_{Hnd}$, il faut raccorder l'alignement à l'arc de cercle par une courbe à courbure progressive.
- Il faut limiter l'alignement droits à 40% à 50% de la longueur totale du tracé.
- Une courbe circulaire doit être tracée avec un rayon unique.
- Deux courbes circulaires de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur égale la distance parcourue pendant 5s à la vitesse maximale que permet le plus grand des 2 rayons.

3. Le profil en long

Le profil en long est le développement de l'axe de la route sur un plan verticale ; Il est constitué par des lignes droites à inclinaison variable (déclivités) lié par des courbes de raccordement. Il convient d'éviter les portions absolument horizontales(ou paliers), afin de permettre l'écoulement des eaux de ruissellement.

La nature des revêtements intervient pour limiter les déclivités ou rampes.

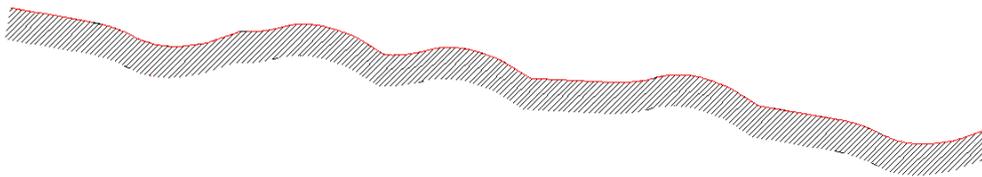


Figure 8. Profil en long

Il convient de rappeler que, pour trainer une charge d'une tonne, il faut exercer un effort de 30kg sur une chaussée empierrée, et que, sur une pente, il s'ajoute un effort de 1kg par tonne par millimètre de déclivité.

Suivant le type de revêtement, on limite la pente à 8 à 10% pour un revêtement de pavés, 10 à 12% pour les chaussées en macadam, 5 à 7% pour les chaussées revêtues de liants hydrocarbonés (bitume, goudron), 3% pour les revêtements d'asphalte ; 4 à 5% pour les chaussées béton.

Remarque : dans notre cas le type de revêtement est hydrocarboné.

Il est nécessaire d'apporter une réduction aux déclivités dans les courbes, pour faciliter la conduite, et cela d'autant plus que le rayon est plus faible. Cette réduction peut être de 10% pour un rayon de 100m, 20% pour 50m, 30% pour 30m, et 40% pour un rayon encore inférieur.

3.1. Condition de visibilité en angle saillant (courbe convexe)

Les déclivités sont raccordées par des arcs de cercle de rayon convenable, au sommet des courbes. Le rayon de cet arc de cercle est fonction de la distance d'arrêt(ou de freinage) d'un véhicule, laquelle doit être égale à la moitié de la distance de visibilité.

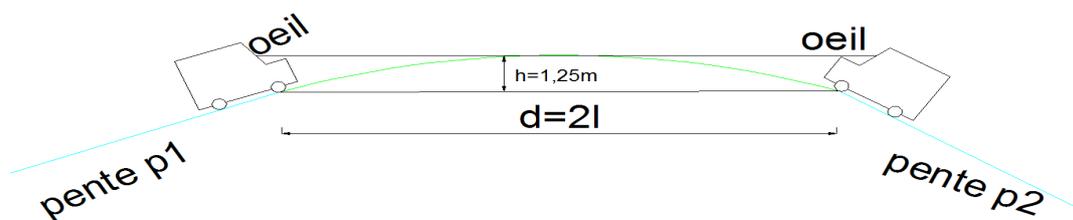


Figure 9. Distance de visibilité en angle saillant

$$l = 0,01V^2 + 0,20V \quad (11)$$

V : vitesse en km/h

l : Distance d'arrêt en mètre

Le rayon de l'arc de cercle est également fonction de la hauteur h, où l'on suppose que sont les yeux des deux conducteurs ; on choisit généralement le cas où les conducteurs sont sur la courbe de raccordement.

$$R = \frac{d^2}{8h} \quad (12)$$

Avec $d = 2 \times l$

Si $d \leq \frac{400h}{p1 - p2}$, la courbe de raccordement n'est pas indispensable, la visibilité étant assurée

sans courbe de raccordement ; on adopte alors une courbe « de confort », ayant un rayon de quelques centaines de mètre.

3.2. Condition de visibilité en angle rentrant (courbe concave)

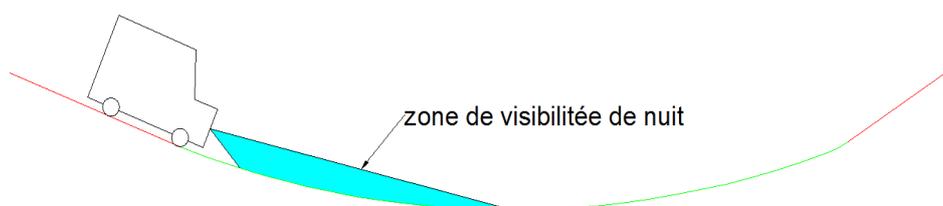


Figure 10. Distance de visibilité en angle rentrant

Pour $V \leq 80 \text{ km/h}$:

$$R_v \leq \frac{d_1^2}{1,5 + 0,035 d_1} \quad (13)$$

Avec :

d_1 : la distance d'arrêt est fonction de la hauteur et l'angle de diffusion des phares (1°).

R_v : le rayon

$$\text{Pour } V > \frac{80 \text{ km}}{h} \quad : \quad \frac{V^2}{R} \leq \frac{g}{k} \quad (14)$$

4. Profil en travers

C'est la coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route. Elle permet de voir les différentes couches et la largeur de la chaussée. La largeur des véhicules autorisés à circuler a été limitée à 2.50 m (gabarit maximum, compris toutes saillies). Généralement on admet une largeur de 7 m pour un double courant et 3,5 m pour un seul courant.

4.1. Différent type de profil en travers :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers

❖ Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

❖ Profil en travers courants :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

4.2. Eléments du profil en travers :

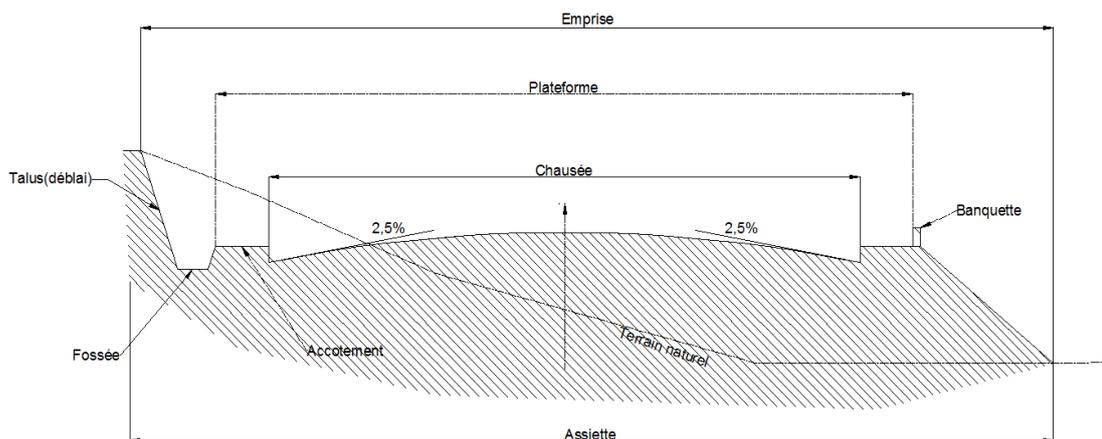


Figure 11. Profil en travers

❖ L'emprise :

L'emprise de la route est la surface de terrain appartenant à la collectivité, c'est-à-dire dans les limites du domaine public.

❖ L'assiette :

L'assiette de la route est la surface du terrain réellement construite pour créer la route, c'est-à-dire les limites des terrassements.

❖ La plate-forme :

Elle est entre le fossé et les crêtes des talus en remblais ; la plate-forme comprend la chaussée, plus les accotements (éventuellement le terre-plein central et voies auxiliaires).

❖ Chaussée :

La chaussée est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules, la route peut être à chaussée unique ou chaussée séparée par une terre-plein central.

❖ Nombre de voies :

Le nombre de voies est déterminé après des études préalables en prenant compte des données de trafic, des objectifs de niveau de service et des éléments économiques et politiques. Les routes principales comportent 2 voies, 3 voies ou 2 voies avec des créneaux de dépassement, ou 2 x 2 voies.

❖ La largeur de la chaussée :

Le projecteur doit non seulement choisir le nombre de voies nécessaire pour écouler le trafic prévisible à terme, mais encore définir la largeur de chaque voie de circulation. Cette largeur peut éventuellement varier selon la position de la voie dans le profil en travers et la nature du véhicule susceptible de l'emprunter.

Sur les itinéraires principaux, la largeur minimale d'une voie de circulation doit en principe être telle que deux poids lourds puissent se croiser sur une route à deux voies dans des conditions de sécurité satisfaisantes,

Le B40 permet pour la catégorie 1 et 2 une largeur de voie de circulation est de 3.5 m pour les catégories 1 et 2.

❖ Les accotements :

La largeur minimale recommandée de l'accotement est comprise entre 2.00 à 2,50m pour les routes ordinaires. La largeur des accotements peut être ramenée à 1,50 m sur les sections difficiles, en terrain montagneux et sur les sections qui traversent des zones fortement urbanisées.

❖ Fossé :

Ouvrage hydraulique destinés à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

❖ La zone de sécurité :

Cette zone, qui comprend la berme, doit être dépourvue de tout obstacle agressif (Plantation de haute tige, poteau électrique ou d'éclairage public, tête de buse non protégée). La largeur de cette zone de sécurité vaut, à compter du bord de chaussée :

- 4m en aménagement des routes existantes.
- 7m en aménagement neuf des routes de type T ou R (2x 2voies de type R limitées à 80km/h).
- 8.5m dans le cas particulier de routes à 2 x 2 voies de type R limitées à 110km/h 10m pour les autoroutes.

❖ La zone de récupération :

Cette zone comprend :

- Une sur largeur de chaussée, de structure identique à la chaussée elle-même, d'une largeur de 0,25m dans le cas général, et qui porte le marquage de rive.
- Une bande dérasée stabilisée ou revêtue ; elle est généralement de largeur de 2 m (Minimum 1,75 m) pour les routes multifonctionnelles (de types R) et de 2,5 m pour les routes de transit (de type T).

Les fonctions principales de la bande dérasée sont les suivantes :

- Permettre la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire normale.
- Permettre l'évitement de collisions «multi-vehicules» en autorisant des manœuvres d'urgent de départ latéral sur l'accotement (cas des collisions liées au tourne-à-gauche, ou au dépassement).
- Permettre aux piétons et éventuellement aux cyclistes de circuler en sécurité .Et alors le revêtement de la bande dérasée devient impératif si celle-ci doit assurer cette fonction pour les cycles sans moteur.
- Permettre l'arrêt d'un véhicule ;

❖ 3.12. Berme :

Elle est située à l'extérieur de la bande dérasée ou de la bande d'arrêt d'urgent (BAU), est généralement engazonnée. Elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipements (glissières de sécurité en particulier). Elle a une largeur de 0.75m éventuellement portée, en présence de dispositifs de retenue, à une valeur de 1m ou davantage selon le dispositif de retenue mis en œuvre.

❖ Terre-plein central (largeur et rôle) :

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

Il comprend :

- Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
- La largeur du T.P.C retenu est de 2m

Son rôle est triple :

Rôle de séparation : C'est la raison essentielle du T.P.C lorsque sa largeur est inférieure à 12m, il comporte des dispositifs de sécurité qui peut être souples ou rigides. Dans le cas des dispositifs souples, la largeur du T.P.C doit permettre le débattement des glissières.

Rôle d'environnement : Le T.P.C supporte les éventuelles plantations qui ont un rôle d'embellissement et participent à la sécurité de l'usager (lutte contre l'éblouissement).

Les terre-pleins centraux ne comportent pas systématiquement de plantation : ils sont parfois pour des raisons d'économie entièrement revêtus, mais seulement lorsque cette largeur est inférieur à 5m.

Rôle de drainage : Afin d'éviter des épaisseurs de lames d'eau importantes sur les chaussées notamment à l'intérieur des courbes, le T.P.C comporte dans les zones déversés, un dispositif de drainage permettant la récupération des eaux de ruissellement de la chaussée extérieure .

4.3.Les pentes transversales (Les dévers) :

En vue d'éviter la stagnation des eaux pluviales, les chaussées ont été construites autrefois avec un profil fortement bombé, dont l'intérêt est moindre aujourd'hui en raison de la qualité d'étanchéité des revêtements modernes.

Les zones de variation de dévers doivent être traitées avec un soin particulier de façon à assurer un bon écoulement des eaux.

Le dévers ou pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface, il contribue à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et

sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%). Au-delà de cette valeur plafond, d'autres problèmes surviennent et notamment des difficultés constructives et exploitation. En période hivernal.

Le profil de la chaussée doit être constitué de préférence par deux plans raccordés sur l'axe de la route par une courbe aplatie (voir figure ci-dessous).

K8



Figure 16. Devers en alignement droit

5. Application au projet

Dans cette section nous allons voir les tracés en plan, le profil en long et le profil en Travers de la RN92 du PK=4900 m au PK=9675m. Ce projet est divisé en cinq tronçons 1km chacun. Avant tout tracé la connaissance du relief du terrain est nécessaire ; le relief du terrain est fourni par des topographes, les tableaux 17, 18, 19, 20, 21 représentent les données des campagnes topographiques du terrain.

Tableau 12. Récapitulatif du relief (Tronçon 1)

Nombre de points	1424
Coordonnées minimales	243.326, 2362.188 m
Coordonnées maximales	1214.740, 2654.563 m
Altitude minimale	679.002 m
Altitude maximale	727.326 m
Aire 2D	134941.165 m ²

Tableau 13. Récapitulatif du relief (Tronçon 2)

Nombre de points	822
Distance moyenne entre points	26.510 m
Coordonnées minimales	1563.083 2371.226 m
Coordonnées maximales	2618.959 2644.789 m
Altitude minimale	715.078 m
Altitude maximale	754.666 m
Aire 2D	79820.093 m ²

Tableau 14. Récapitulatif du relief (Tronçon 3)

Nombre de points	662
Distance moyenne entre points	22.589 m
Coordonnées minimales	2879.735 2431.091 m
Coordonnées maximales	3937.638 2590.742 m
Altitude minimale	748.200 m
Altitude maximale	755.935 m
Aire 2D	85126.148 m ²

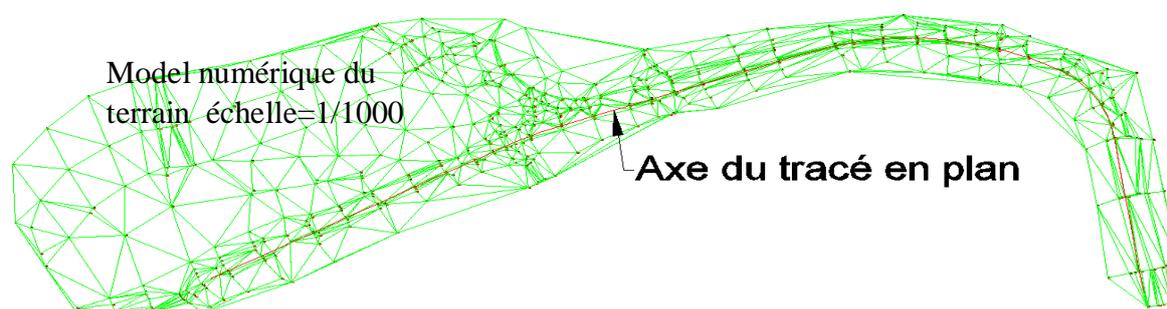
Tableau 15. Récapitulatif du relief (tronçon4)

Nombre de points	612
Distance moyenne entre points	25.456 m
Coordonnées minimales	4197.654 2426.509 m
Coordonnées maximales	5246.814 2615.502 m
Altitude minimale	735.025 m
Altitude maximale	751.244 m
Aire 2D	119621.253 m ²

Tableau 16. Récapitulatif du relief (tronçon5)

Nombre de points	498
Distance moyenne entre points	22.291 m
Coordonnées minimales	5529.474 2446.412 m
Coordonnées maximales	6352.659 2596.715 m
Altitude minimale	732.433 m
Altitude maximale	740.500 m
Aire 2D	89273.497 m ²

❖ Les Traces tronçon 1 :

**Figure 13.** MNT Tronçon1

➤ Le choix de la ligne rouge du projet :

Ce choix demande une forte connaissance de plusieurs paramètres à savoir, les contraintes économiques, les contraintes hydrauliques (penser à la surface des bassins que doit assainir le réseau d'assainissement en cas de forte pluie), la disponibilité des matériaux de chaussée etc. tous ces paramètres sont analysés par un groupe de personnes.

Ce qu'il faut retenir dans notre projet le choix de cet axe ne pose pas de problème car il existe l'ancienne route par conséquent on ne fait que suivre la rotation de l'axe existant sans oublier de faire un coût d'œil vers le cash-flow derrière afin d'apporter des modifications en cas de fort flux monétaire.

L'axe rouge a été mise en place en tenant compte bien sûr les problèmes cité ci-dessus dans la partie théorique (sécurité, vitesse de référence).

Ce MNT a été élaboré par le logiciel Covadis Version 10.1

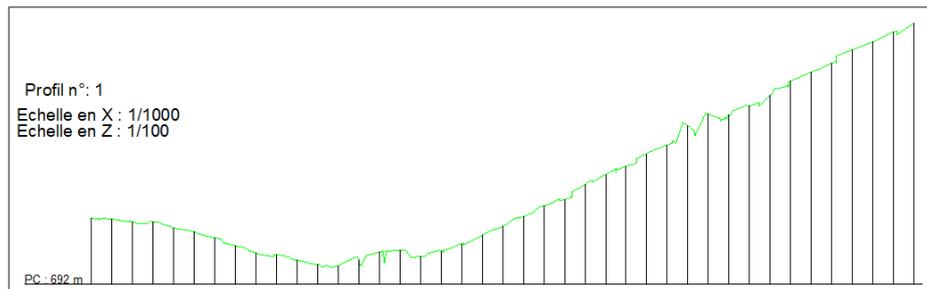


Figure 14.Allure du profil en long TN Tronçon1

L'image ci-dessus représente le profil en long du TN ; on voit très bien que le terrain est un peu accidenté ce qui va entraîner une hausse du coût du projet, vu la vitesse de référence (80Km/h).

➤ **Tabulation de l'axe en plan**

La tabulation consiste à diviser l'axe en plan à un nombre finie de segment tout ça pour estimer le volume de déblai et de remblai avec une grande précision. On verra son utilité dans le chapitre cubature.

Ce nombre dépend de la topographie du terrain, voici la règle :

- A chaque début et fin des raccordements implanté un nœud et cela pour les déclivités (changement de pente et rampe).
- A chaque point singulier implanté un nœud (figure13).

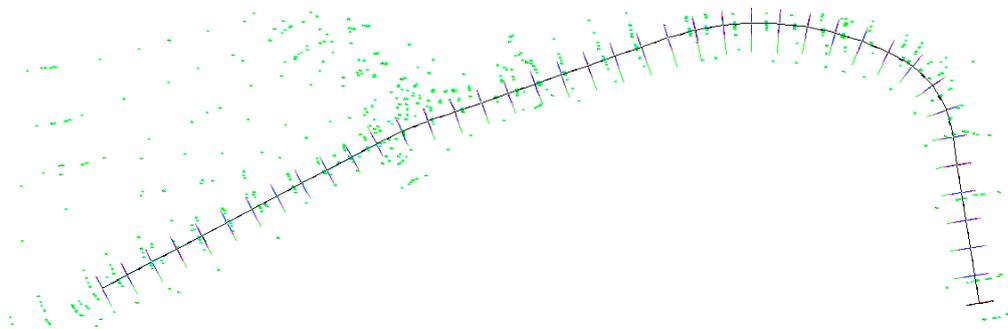


Figure 15. Tabulation Tronçon1

Dans ce projet nous avons tabulé l'axe à l'intervalle constant et en quelque point particulier.

➤ Profil en long du projet

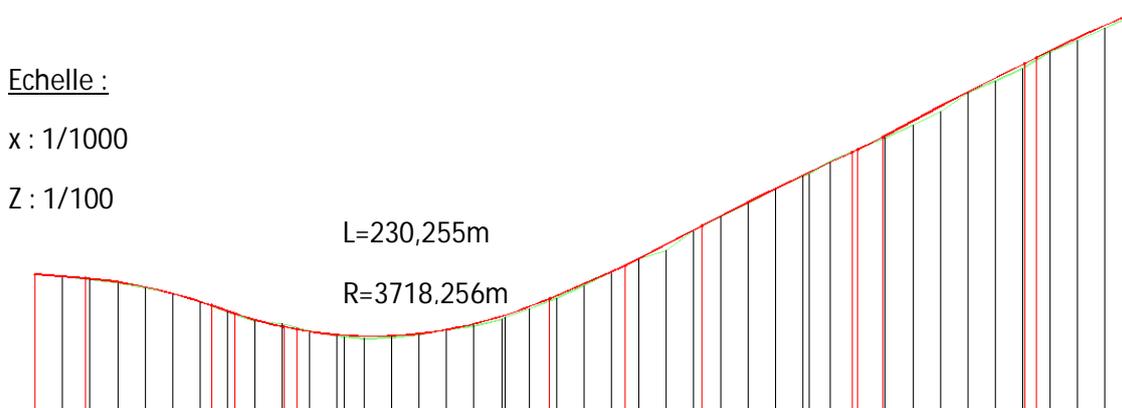


Figure 16. Allure du profil en long projet tronçon1

Dans cette figure on remarque qu'il n'y a pas une grande différence entre la côte projet et la côte TN en d'autre terme on a suivi presque l'état naturel du terrain par crainte de terrassement. Bien sûr il a été tracé avec la vitesse de référence et les conditions de sécurité et de conforme en angle rentrant.

- Vérification du rayon de raccordement en angle rentrant :

La vitesse de référence est 80m/s

La catégorie de la route est c1 alors $k=40$ voir équation (4)

$$\frac{V^2}{R} \leq \frac{g}{k} \rightarrow R = \frac{g}{k} \times v^2 = \frac{9,81}{40} \times 100^2 = 2452,5 < 3718,256 \text{ Alors la condition est respectée.}$$

➤ Profil en travers :

D'après le chapitre « dimensionnement de corps de chaussé » la chaussée est composée de 4 couche respectivement de haut en bas couche de roulement en BB($e=8\text{cm}$), couche d'assise en GB($e=15$), couche de fondation en GC($e=25$) et couche de forme en TUF (20cm) soit une hauteur total de 68 cm.

Largeur de la chaussée a été limitée à 7,50 m d'après le chapitre l'étude de trafic ;

Vu le débit de point (5519uvp/h), on a prévu un accotement de 2.50m de largeur avec un devers de 4% afin d'éviter la stagnation de l'eau (cause fréquente de la dégradation précoce des chaussées).

La largeur du TPC est limité à 3m avec un devers de part et d'autre de l'axe de la route de 1%.

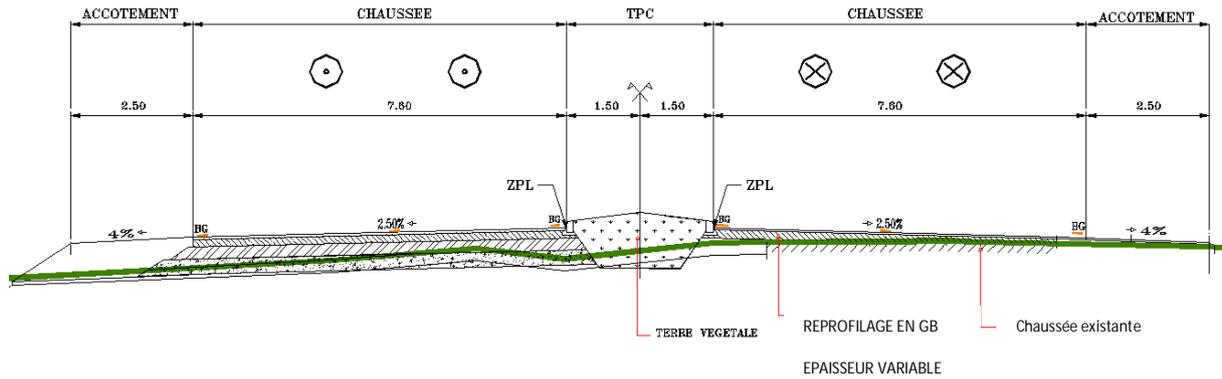


Figure 17. Profil en travers types projet

Remarque : Nous avons le même profil en travers type pour tout le projet, c'est la particularité de notre projet en d'autre terme, on suppose que les PST de tout le projet ont à peu près même capacité portante, lors de l'exécution si on trouve des point singulier (PST de capacité inférieur à celle utilisée pour le dimensionnement) il faut traiter le sol de façon à avoir la capacité portante désirée sinon redimensionner la chaussée en ces parties.

En générale pour des projets gigantesques cette hypothèse n'est guère vérifiée dans ce cas on se réfère à la stratigraphie du sol pour définir des profils en travers types (il peut y avoir plusieurs).

❖ **TRONÇON 2**

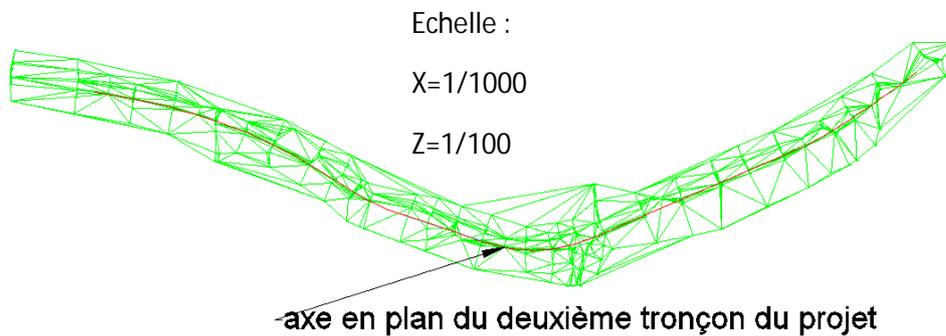


Figure 18. MNT et Axe en plan Tronçon2

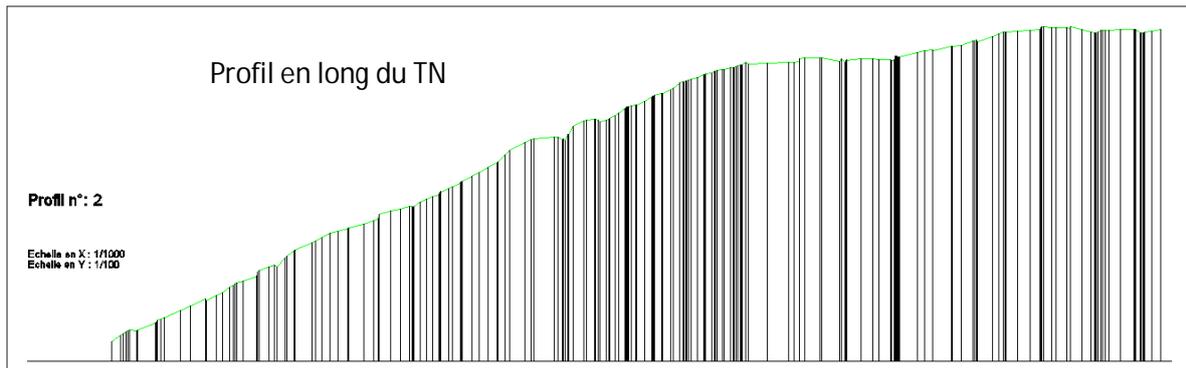


Figure 19. Allure profil en long TN Tronçon2

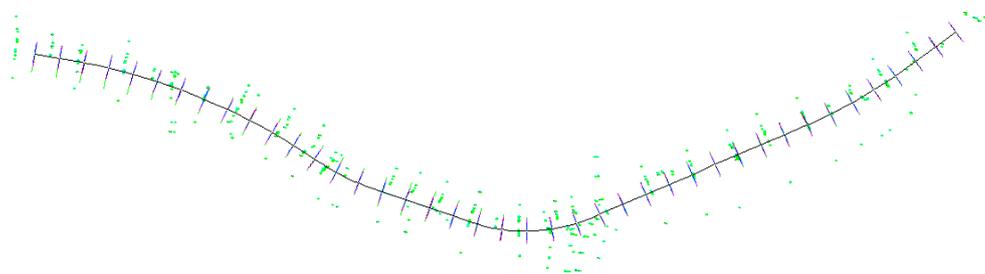


Figure 20. Tabulation axe en plan Tronçon2

❖ **TRONÇON 3**

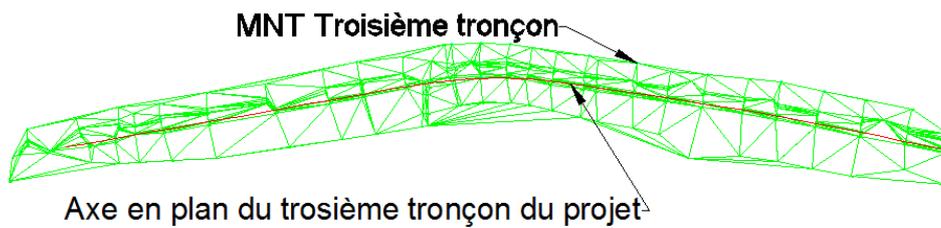


Figure 18

Figure 21. MNT et Axe en plan Tronçon3

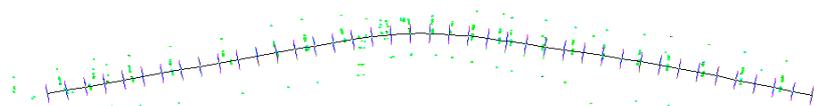


Figure 22. Tabulation Axe en plan Tronçon3

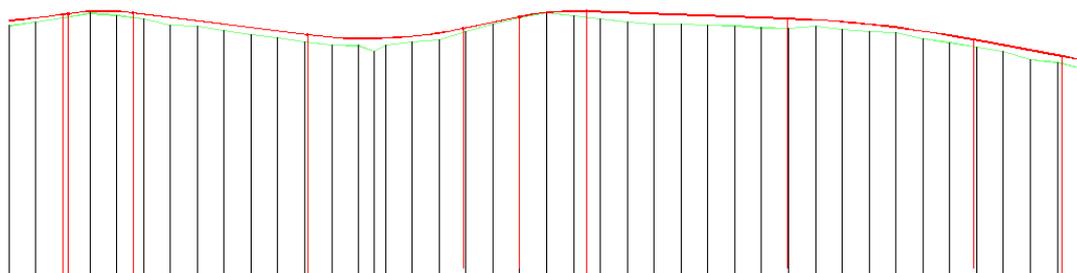


Figure 23. Allure profil en long projet Tronçon3

❖ **TRONÇON 4**

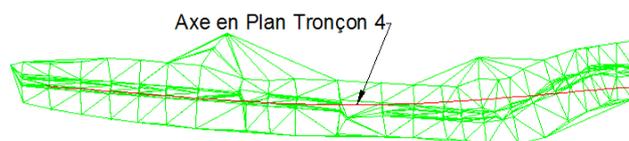


Figure 24. MNT et Axe en plan Tronçon4

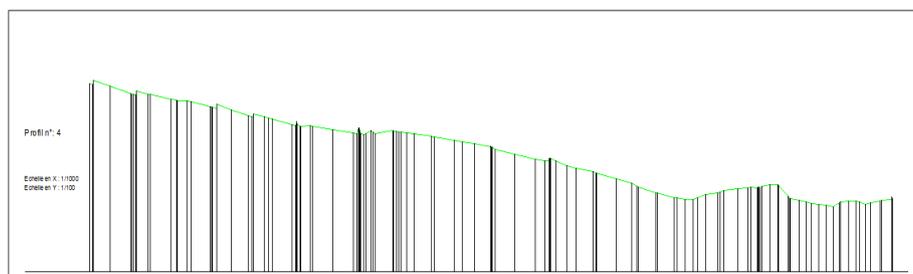


Figure 25. Allure profil en long TN Tronçon4

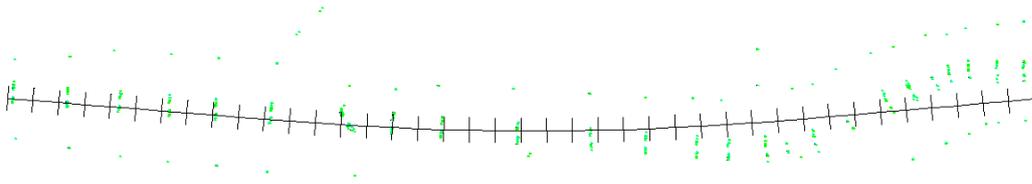


Figure 26. Tabulation axe en plan Tronçon4

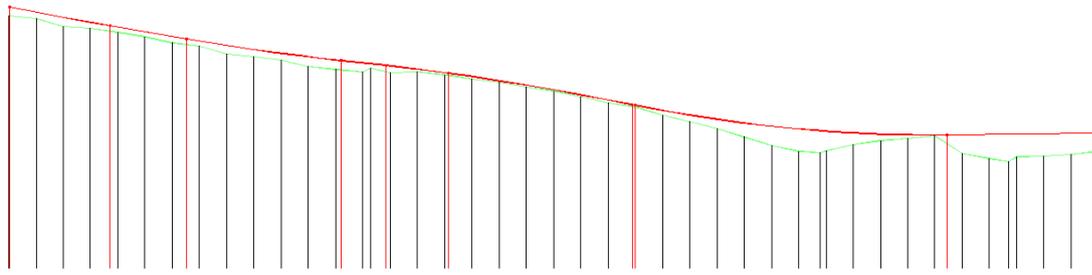


Figure 27. Allure profil en long projet Tronçon4

❖ TRONÇON 5

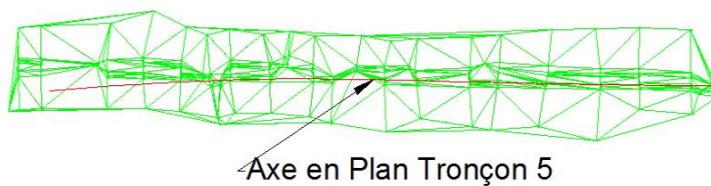


Figure 28. MNT et Axe en plan Tronçon5

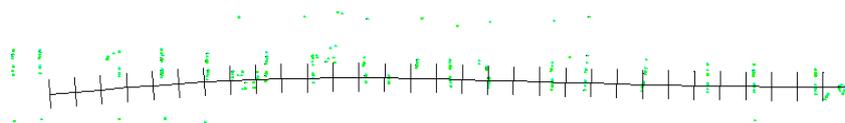


Figure 29. Tabulation Axe en plan Tronçon5

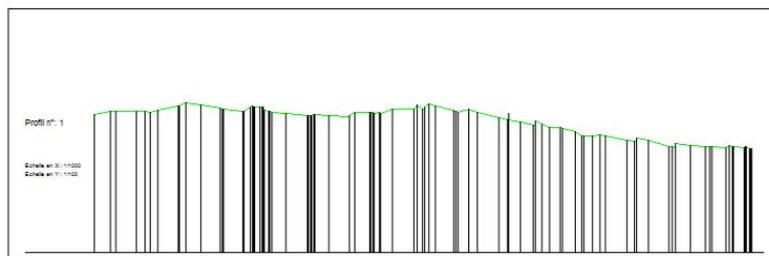


Figure 30. Allure profil en long TN Tronçon5

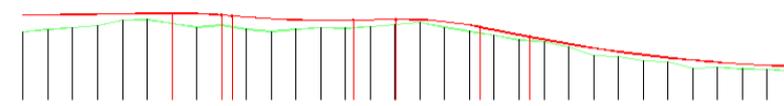


Figure 31. Allure profil en long projet Tronçon 5

1. Introduction :

Globalement, la reconnaissance géotechnique a pour but de révéler la présence de tout facteur environnemental lié au sol ou au roc et susceptible d'influer sur le comportement de l'ouvrage (chaussée). Les renseignements qu'elle procure doivent garantir que la réaction à la base de la chaussée à son chargement n'excédera pas la marge de sécurité prévue pour le tassement et la rupture éventuelle du sol, quelle que soit l'évolution des conditions hydrauliques.

L'étude géotechnique permet de fixer les pentes de remblai et de déblai. En effet un talus en remblai doit être vérifié à la stabilité au glissement et au poinçonnement.

Et en matière de dimensionnement vertical des chaussées les propriétés mécaniques du sol jouent toujours un rôle très important ; Elles ne peuvent donc pas être ignorées lors de l'établissement d'un projet si l'on désire garantir le bon comportement de la chaussée pendant une certaine période (durée de vie désirée).

2. Les objectifs de l'étude géotechnique

Les objectifs de l'étude géotechnique sont les suivants :

- Révéler la présence actuelle ou potentielle de tout accident ou phénomène géologique présentant des dangers pour l'ouvrage : faille, subsidence, sismicité, zone de glissement ou coulée, instabilité de talus, etc.
- Décrire la stratigraphie, c'est-à-dire la nature et l'épaisseur des couches de sol et de roc sous l'ouvrage ;
- Déterminer la nature, la profondeur et la pression des diverses nappes d'eau souterraine ;
- Mesurer les caractéristiques physiques ainsi que les propriétés mécaniques et hydrauliques du sol et du roc en prélevant des échantillons ;
- Mesurer les propriétés mécaniques du sol et du roc en place en réalisant des essais sur le terrain.

3. Les méthodes de reconnaissance

Le choix de la méthode de reconnaissance et la fréquence des sondages dépend principalement de la nature des renseignements que l'on cherche et des sommes alloués à l'étude géotechnique. On peut classer les méthodes de reconnaissance du terrain en trois catégories.

3.1. Les méthodes géophysiques :

Il existe plusieurs méthodes de reconnaissance géophysiques (sismique, gravimétrie, électrique par courant injecté, magnétique, électromagnétique, radioactivité).

3.2. Les fouilles et les forages :

Ils ont pour principal objet l'échantillonnage du sol et de la roche pour réaliser en laboratoire des essais d'identification ou de mesure des propriétés physiques, mécaniques et hydrauliques.

3.3. Les essais sur le terrain (essais in-situ) :

Ce sont les essais de pénétration standard, dynamique, statique ; essai au scissomètre, essai préssiométrique, essais de chargement de plaque.

3.4. Les essais au laboratoire :

Ce sont principalement les essais d'identification et de classification des sols (teneur en eau, granulométrie, limites de consistance), essais de compactage, de résistance au cisaillement, de consolidation, essais triaxiaux etc.

4. Caractéristiques géotechniques du sol support :

Pour les chaussées, les caractéristiques intéressantes des sols sont les suivantes :

- **Traficabilité** : Aptitude d'un sol à supporter le passage répété des engins de chantier. On peut apprécier la traficabilité des sols par ses caractéristiques déterminés par des essais de laboratoire comme: Essai de portance CBR ; La teneur en eau du sol avec ses limites de consistance;
- **Glissance** : Adhérence entre l'engin et les matériaux. On peut chiffrer ce phénomène par le coefficient d'adhérence qui permet de calculer l'effort de traction maximale,
- **Compactabilité** : Une courbe Proctor est un bon indicateur de la compactabilité. Les sols granulaires à granulométrie serrée compactent difficilement ;
- **Perméabilité et Drainage** : Le mouvement d'eau dans le sol est régi par sa perméabilité;
- **Capillarité** : $(h_c \text{ (cm)} = 0,1/(e D 10 \text{ (cm)}))$;
- **Gélvité des sols** ;
- **Tassement de l'infra sous le remblai** ;
- **Les caractéristiques des sols (résistance et compressibilité)**;
- **Niveau de la nappe phréatique**;
- **Glissement de terrain**
- **Hétérogénéité des sols**
- **Foisonnement et contre-foisonnement**

On distingue de nombreux essais de caractérisation des sols dont les plus importants sont cités ci-dessous.

4.1. Essais de poinçonnement :

Ce type d'essais repose sur l'hypothèse plastique où suppose que les ruptures de la chaussée proviennent de tassement ou de rupture du sol.

Parmi les plus connus, il faut citer l'essai CBR (California Bearing Ratio) qui est à la base de plusieurs méthodes de dimensionnement se différenciant entre autres par le mode opératoire de l'essai CBR (adaptions à différentes conditions). Nous citerons encore l'essai au pénétromètre à cône.

4.2. Essais de rupture par cisaillement :

Ces essais reposent aussi sur l'hypothèse d'un comportement plastique. Il consiste en la détermination des cercles de Mohr et des courbes intrinsèques à l'aide d'un appareil triaxial.

4.3. Essais de tassement :

Dans ces essais, le comportement plastique est considéré comme étant prépondérant. Il s'agit d'essais de chargement à l'aide de plaques circulaires rigides, répétés (à une cadence lente) ou non.

4.4. Mesure en place in situ du module statique de déformation :

Dans ce type d'essai, comme d'ailleurs dans les deux suivants, c'est l'hypothèse élastique qui prédomine. Dans les méthodes de dimensionnement basées sur ces essais on cherche à minimiser les contraintes de flexion dans les couches liées et l'on suppose que la répartition des charges par les couches constituantes est suffisamment assurée pour que les déformations permanentes du sol restent négligeables.

Dans les essais à la plaque, on mesure un ou plusieurs cycles de chargement (destinés à mettre la plaque en place et à éliminer les déformations dues au tassement permanent), la déformation sous une charge donnée.

4.5. Mesure en laboratoire du module statique de déformation :

On caractérise ici le sol par un module de déformation que l'on détermine à partir de la courbe effort-déformation obtenue à partir d'un essai triaxial.

4.6. Mesure du module dynamique de déformation :

Ces essais se font à l'aide d'une machine vibrante lourde exerçant sur une plaque des efforts verticaux sinusoïdaux. Ils conduisent à caractériser le sol par un module de déformation réversible. Citons aussi les essais de propagation d'ondes destinés à la détermination des modules d'élasticité.

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 mm.
- Matériaux plastique I P $> 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm 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.

1. Introduction :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition de charges sur le sol de fondation. D'une part elle doit représenter les qualités recherchées pour satisfaire les exigences de l'utilisateur et avoir la durée de vie qui lui est définie avec toutes les contraintes auxquelles elle est soumise, et d'autre part elle doit répondre à moindre coût.

Afin de satisfaire ces exigences, on est conduit à apporter une attention particulière au choix des matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et prévoir des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée. Tout cela, en fonction des paramètres fondamentaux que sont l'environnement de la route (le climat essentiellement) le trafic et la durée de vie de la chaussée.

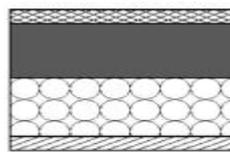
2. Chaussée

La chaussée est définie comme étant la partie de route, généralement revêtue, sur laquelle circulent les véhicules. Pour assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance parfaite pour supporter tout genre de véhicules et rapporter leur poids sur le terrain de fondation.

2.1. Les différentes structures de chaussées :

➤ Les chaussées souples :

Ces structures comportent une couverture bitumineuse relativement mince (> 15 cm), parfois réduite à un enduit pour les chaussées à très faible trafic, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm.



Couche de surface de matériaux bitumineux
Matériaux bitumineux d'assise (< 15 cm)
Matériaux bitumineux d'assise (20 à 50 cm)
Plate-forme support.

Figure 32. Chaussée souple

➤ Les chaussées semi-rigides (ou à assise traitée aux liants hydrauliques) :

Elles comportent une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50 cm.

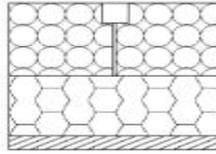


Couche de surface de matériaux bitumineux (6 à 14 cm)
Matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 50 cm)
Plate-forme support.

Figure 33. Chaussée à assise traitée au liants hydraulique

➤ **Les chaussées rigides (ou en béton de ciment) :**

Ces structures se composent d'une couche de roulement bitumineuse sur un corps de chaussée en matériaux traités aux liants hydrocarbonés, fait d'une ou deux couches (base et fondation). L'épaisseur des couches d'assise est le plus souvent comprise entre 15 et 40 cm.



Béton de ciment (20 à 18cm).
Béton maigre (12 à 28cm) ou matériaux traités aux liants hydrauliques (15 à 20).
Plate-forme support

Figure 34. Dalles non goudonnées avec fondation

NB : Dans notre projet nous avons choisi « chaussée souple », pour sa mise en œuvre, son entretien faciles et son coût relativement faible.

2.2. Chaussée souple : Constitution et rôle des différentes couches

Le rôle d'une chaussée est de reporter sur le sol support les efforts dus au trafic, en les répartissant convenablement. La chaussée doit ainsi avoir une épaisseur telle que la pression verticale transmise au sol soit suffisamment faible afin que celui-ci puisse la supporter sans dégradation. En général, on rencontre les couches suivantes à partir du sol.

➤ **Couche de forme**

Elle doit assurer les fonctions suivantes :

- Permettre la circulation de chantier destiné à l'approvisionnement des matériaux.
- Permettre de compacte la couche de fondation (court terme).
- Participer éventuellement à la protection du sol vis-à-vis du gel (long terme).
- Elever et homogénéiser la portance du support de chaussée en fonction des différents sols rencontrés (long terme).

➤ **Les couches d'assise (corps de chaussée) :**

L'assise de chaussée est généralement constituée de deux couches, **la couche de fondation** surmontée de la **couche de base** ; elles doivent assurer à elles deux les fonctions suivantes :

- Résistance aux efforts verticaux dus aux charges lourdes.
- Répartition sur le sol support des pressions qui en résultent.

➤ **La couche de surface :**

Elle doit assurer les fonctions suivant :

- La résistance aux efforts tangentiels de cisaillement dus au trafic.
- La protection mécanique du corps de chaussée.

Elle est constituée de la **couche de roulement** assurant les fonctions liées à la sécurité et au confort d'utilisation ; et d'une **couche liaison** assurant les fonctions d'imperméabilisation et de résistance mécanique. [4]

3. Méthode de dimensionnement

Pour la détermination de l'épaisseur de corps de chaussée, il faut commencer par l'étude du sol. On distingue deux méthodes utilisée par les bureaux d'études :

Les méthodes empiriques :

Ces méthodes se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres ;

- La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

On peut citer : Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio);

Les méthodes rationnelles :

Ces méthodes se basent sur la connaissance du sol, des matériaux mis en place et du trafic envisagé, et font appel à des modèles mathématiques élaborés. Ces modèles fournissent les contraintes, déformations et déplacements à différents niveaux. [2]

On peut citer :

Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) ;

Méthode du catalogue des structures (Catalogue des structures type neuf établis par SETRA).

3.1. 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.

- **Épaisseur totale** du corps de chaussée à mettre en œuvre est donnée par la relation

$$E = \frac{100 + 1.50 \sqrt{P}}{I + 5} \quad (1)$$

L'influence du trafic ne doit pas être négligée dans le dimensionnement du corps de chaussée, nous en tiendrons donc compte dans la formule améliorée par (Peltier) :

$$E = \frac{100 + 1.50 \sqrt{P} \left[75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right) \right]}{I + 5} \quad (2)$$

Avec : E, épaisseur de la chaussée (cm).

P : (p = 6.5t d'après le code routier : essieu de 13t).

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

- **L'épaisseur équivalente** est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 \quad (3)$$

Avec : $c_1 \times e_1$: couche de roulement.

$c_2 \times e_2$: couche de base.

$c_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où: c_1, c_2, c_3 sont des coefficients d'équivalence et e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau 17. Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés.[6]

MATERIAUX UTILISEES	COEFFICIENT D'EQUIVALENCE
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave ciment	1.5
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

3.2. Méthode du catalogue des structures :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA »

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 Véh/J et tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année Tj.
- Les caractéristiques de sol (Sj).

➤ Détermination de la classe de trafic :

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

Tableau 18. Classe du trafic en fonction du trafic poids lourd cumulé

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₁	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T ₂	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T ₃	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T ₄	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T ₅	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$Tc = T_{PC} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1}}{\tau} \right] 365 \quad (4)$$

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

n : durée de vie (n = 15 ans).

➤ Détermination de la classe du sol :

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

Tableau 19. Classe du sol en fonction de l'indice CBR

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

3.3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP):

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées neuves sont : le trafic, le sol support, L'environnement et la zone climatique.

➤ *Le trafic :*

Le réseau principal noté RP : il se compose de route reliant :

- Les chefs-lieux de willaya.
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- Les principales agglomérations et les zones industrielles importantes.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

RP1 ($T > 1500V/J$) RN, Autoroute, CW.

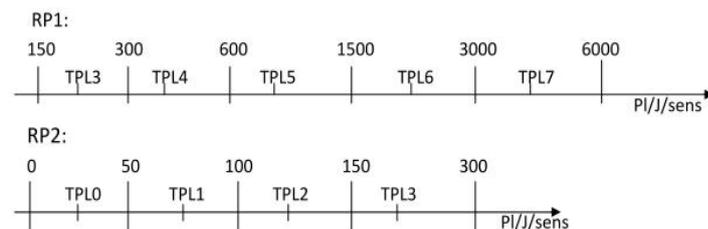
RP2 ($T < 1500V/J$) RN, CW,....

Répartition transversale du trafic : On adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL.
- Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL.

Détermination de la classe de trafic TPLi :

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service.



➤ *Le sol support :*

La portance du sol support est déterminée par l'essai CBR ou par des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{nat} \geq W_{opm}$). Le cas de sols de faible portance, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables (sur classement).

Tableau 20. Sur-classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
< S4	Matériau NT	50cm (en 2c)	S3
S4	Matériau NT	35cm	S3
S4	Matériau NT	60cm (en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40cm (en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70cm (en 2c)	S2

➤ **Les zones climatiques :**

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 21. La zone climatique

Zone climatique	Pluviométrie (mm/ans)	Climat	Teq(°)	Région
I	> 600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, Hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	< 100	Aride	30	Sud

➤ **Choix de la couche de roulement :**

Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit :

RP1 : la couche en béton bitumineux (BB).

— 6BB à 8BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB.GB/GNT) ;

— 6BB à 10BB pour les structures GL/GL ;

RP2 : la couche en enduit superficiel (ES) ou enrober à froid (EF) en fonction du matériau choisi et la zone climatique correspondante.

4. Application au projet

Choix de la méthode de dimensionnement :

Les trois méthodes de dimensionnement qui sont cités ci-après ont comme point commun leurs prises en considération (d'une façon différente) le trafic circulant sur la voie à construire et du sol sur lequel cette même voie va être utilisé.

Ceci représente les points nécessaires et suffisants pour tout dimensionnement d'une chaussée routière cependant, bien que ces paramètres aient fait l'unanimité des experts, on note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate-forme dans les zones base.
- De la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux

Remarque : Pour notre projet, nous optons pour l'application de la méthode la plus répandues en Algérie (CBR).

Méthode de l'indice CBR :

❖ Caractéristiques du trafic :

Chaussée Unidirectionnelle à 2 voies

On a: PL = 30% ; $\tau = 3\%$; durée de vie = 30ans

TJMA₂₀₁₅ = 9972 v/j (pour les deux sens) à la mise de service.

TJMA₂₀₄₅ = 24205 v/j

TPL₂₀₄₅ = 24205 × 30% = 7262 v/j.

La réparation transversale du trafic :

- Chaussée Unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée Unidirectionnelle à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée Bidirectionnelle à 2 voies : 50% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée Bidirectionnelle à 3 voies : 50% du trafic PL sur la voie lente de droite.

Il s'agit de route Unidirectionnelle à 2 voies : répartition du trafic 90% du trafic sur chaque voie soit : $N = 7262 \times 90\% = 6536$ v/j/sens.

❖ Caractéristiques du sol support :

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR= 6 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S3 ; il faudrait prévoir une couche de forme.

❖ L'épaisseur totale du corps de chaussée

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \Rightarrow e = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \log_{10} \frac{7262}{10})}{6 + 5} = 59.62 \text{ cm.}$$

$$e = 59.62 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm.}$$

❖ L'épaisseur équivalente :

$$e_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe deux épaisseurs souhaités et on calcule la 3ème.

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 8 \times 2 = 16$ cm.
- Couche de base en grave bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 15 \times 1.5 = 22.5$ cm.

Donc L'épaisseur de la couche de fondation e_3 en (G.C) : $a_2 \times e_2 = \times 1 = e_3 \times 25$ cm

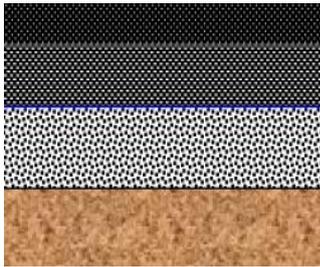
$$e_3 = \frac{e - (a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2)}{a_3} = \frac{60 - (16 + 22.5)}{1} = 21.5 \text{ cm.}$$

Tableau 15: Les épaisseurs de la chaussée suivant la méthode de CBR

Couches	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficients a_i	Epaisseurs équivalentes (cm)
BB	8	2	16
GB	15	1.5	22.5
GC	25	1	25
Total	48		63.5

Pour améliorer la portance du sol support on ajoute une couche de forme de 20cm de TVO.

❖ Notre structure se présente comme suite :



1. Couche de roulement en béton bitumineux BB « 8cm ».
2. Couche de base en grave bitume (0/20) GB « 15cm ».
3. Couche de fondation en GC « 25cm ».
4. La couche de forme en TUF « 20cm » (terrassément).

1. Introduction

Les terrains ne sont pas plat (comme la surface de l'eau au repos) ni homogène, les contraintes de sécurité et de confort des usagers nous imposent certains paramètres géométrique d'une route, généralement avec l'état naturel du terrain on ne peut pas atteindre ces objectifs (confort, sécurité...) il faut donc des mouvements de terres (déblai et remblai). Dans ce chapitre nous allons voir comment se fait l'estimation de la quantité de déblai et de remblai (cubatures) dans un projet routier. En premier lieu nous verrons les différents documents nécessaires au calcul de cubature et en fin aborderons-nous les calculs.

2. Cubatures des terrassements :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais 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. Les documents

Préalablement au calcul il est nécessaire de posséder les documents suivant :

- Les plans de nivellement
- Les plans et les coupes des ouvrages
- Les profils en long et en travers des voies
- Les documents indiquant les différents niveaux de terrassement ainsi que les surlargeurs éventuel à prévoir.

La connaissance de la nature géologique du sol permet de définir l'emprise des talus, leur pente étant en relation directe avec la cohésion du sol. Le talus en déblai comme en remblai, est défini par le rapport de sa largeur sur sa hauteur.

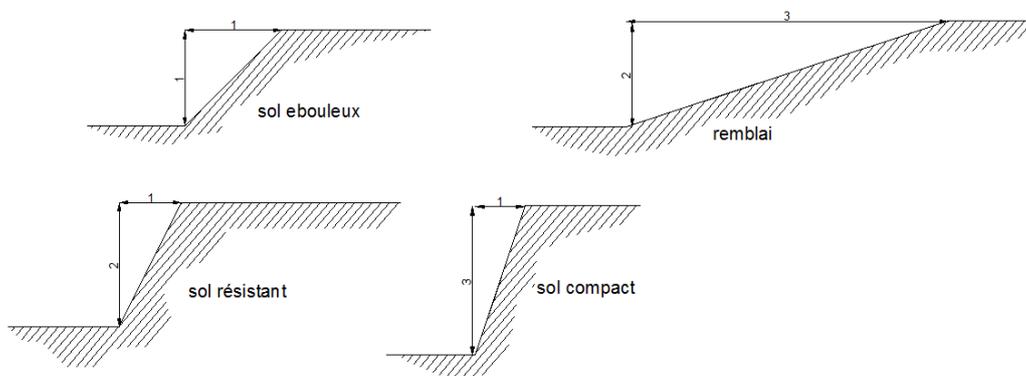


Figure 35. Caractéristique des talus

4. Méthode utilisée :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a la méthode linéaire que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats ceci dans le but d'être en sécurité.

➤ Description de la méthode :

La cubature d'un décapage est obtenue en multipliant la surface concernée par la profondeur moyenne :

$$c = S \times p_m \quad (1)$$

Avec :

C est le volume exprimé en m^3

S : la surface exprimé en m^2

P_m : profondeur moyenne

$$p_m = \frac{\sum p_i}{n} \quad (2)$$

(Voir figure 38)

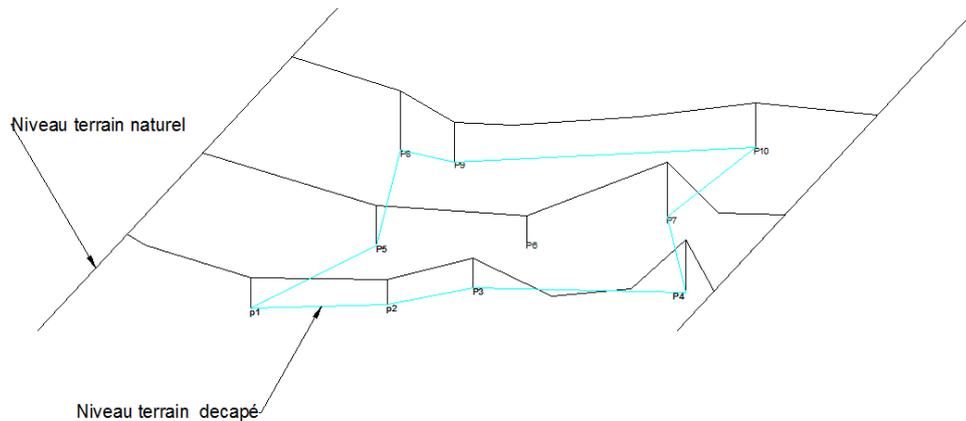


Figure 36. Profondeur moyenne des points topographiques

Dans le cas de variation non négligeable, il convient de diviser la surface totale en surfaces élémentaires affectées chacune d'une profondeur moyenne afin d'en calculer la cubature, puis d'effectuer la somme de celle-ci :

$$c = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n \quad (3)$$

La cubature de travaux en tranchée est calculée en tenant compte des talus. La section de la tranchée ayant la forme d'un trapèze, sa surface est affectée à la longueur correspondante :

$$c = S \times L \quad (4)$$

C : le volume en m^3

S : la section exprimée en m^2

L : la longueur exprimé en m

Dans le cas de travaux important le calcul de cubature s'effectue en constituant des prismes élémentaires sur lesquels la formule dite des trois niveaux est appliquée (figure 39):

$$V = (H / 6) \times (s + s_1 + 4s_2) \quad (5)$$

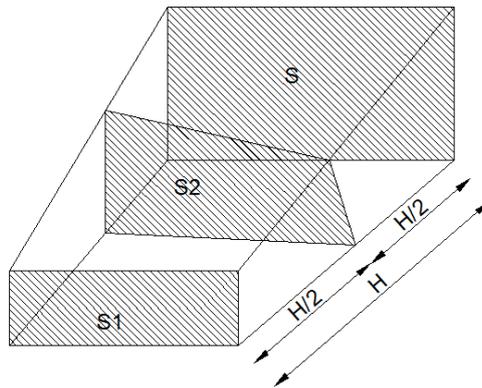


Figure 37. Paramètres des 3 niveaux

Dans laquelle s et s_1 sont les surface des deux bases, c'est-à-dire des profils extrêmes, s_2 est la surface intermédiaire, à égale distance des deux bases, et H la hauteur du prisme ; V est exprimé en m^3 , s en m^2 et H en mètre.

En prenant compte l'hypothèse : $s_2 = \frac{(s + s_1)}{2}$ la formule se simplifie et dévient :

$$V = (H / 2)(S + S1) \quad (6)$$

La topographie du terrain étant connue grâce à un relever maillé, l'emprise totale des travaux de terrassement correspond à la surface de la plate-forme et aux talutages nécessaires afin d'assurer le maintien des terres.

Pour effectuer les calculs, il faut déterminer un certain nombre de profils en travers équidistants ou correspond à des points particuliers : changement de pente du terrain naturel, base du talutage, etc. Pour chacun de ces profils la surface est obtenue par l'addition des surfaces élémentaires. Puis chaque profil P_n est appliqué sur la moitié de la distance séparant le profil P_n des profils amont P_{n-1} et aval P_{n+1} .

Entre les profils P_0 et P_1 , le cube V_1 a pour valeur :

$$S(p0) \times \frac{l1}{2} + S(p1) \times \frac{l1}{2} \quad (7)$$

$S(p0)$ et $S(p1)$ sont respectivement la surface du profil P_0 et P_1 .

5. Application au projet

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la cubature (méthode linéaire, méthode de GULDEN), dans ce projet nous avons adopté la méthode linéaire.

- **Le cube du décapage :**

La hauteur moyenne du décapage est pris égale à 30 cm.

$$C = S \times P_m$$

S : la surface de l'emprise

P_m = Profondeur moyenne du décapage

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

Avec S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ : Respectivement la surface emprise tronçon 1, 2, 3, 4, 5 ;

$$S_1 = 53111,31 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 36253.40744071 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 29640.49424243 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 15117.33984552 \text{ m}^2$$

$$S_5 = 22870.38017716 \text{ m}^2$$

$$S = 156992.932 \text{ m}^3$$

P_m est prise égale 0.30m

$$C = 47097.8795 \text{ m}^3 \text{ est le volume de décapage}$$

Les surface S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ ont été calculé avec le logiciel COVADIS

- **Le cube de déblai**

Le profil en travers type (chapitre « études géométrique) est affecté à la tabulation.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

Avec :

V₁, V₂, V₃, V₄, V₅ sont respectivement le volume cumulé de déblai de tronçon 1, tronçon 2, tronçon 3, tronçon 4, tronçon 5.

$$V_1 = 43750,03 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 27274,41 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 3982,02 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 1903,53 \text{ m}^3$$

$$V_5 = 34,76 \text{ m}^3$$

Ces volumes ont été calculés avec COVADIS

On n'a le volume totale V du déblai de RN92 (PK=4900m au PK=9675m) est :

$$V = 76944,75m^3$$

- **Le cube de remblai**

$$V_r = V_{r1} + V_{r2} + V_{r3} + V_{r4} + V_{r5}$$

Avec :

$V_{r1}, V_{r2}, V_{r3}, V_{r4}, V_{r5}$ sont respectivement le volume cumulée de tronçon1, tronçon2, tronçon3, tronçon4, tronçon5.

$$V_{r1} = 317399.34m^3$$

$$V_{r2} = 10604.43m^3$$

$$V_{r3} = 9409.67m^3$$

$$V_{r4} = 45307.85m^3$$

$$V_{r5} = 18803.47m^3$$

$$V_r = 401524,76m^3 \text{ est le volume totale du remblai de RN92}$$

(PK=4900m au PK=9675m).

Remarque :

Soit $R = \frac{V}{V_r} = \frac{76944,75}{401524,76} = 0,19 = 19\%$ à supposer que les déblais peuvent être utilisé comme remblai, ce projet demande beaucoup d'apport de matériau soit 80% du volume de déblai. Il faut donc penser au coefficient de foisonnement lors du mouvement des terres.

1. Introduction :

Les routes sont en générale exposées aux intempéries, l'eau a un effet défavorable sur les matériaux de chaussée ; pour maintenir l'état de service d'une route jusqu'à sa durée de vie le paramètre qu'il faut maîtriser c'est l'eau. L'assainissement dans un projet routier a pour objectif de protéger la chaussée contre les inondations (les intempéries susceptibles d'endommager la structure de la chaussée).

Dans ce chapitre nous verrons comment calculer le débit de point d'eaux pluviales, ensuite déterminer les paramètres adéquats de notre réseau d'assainissement.

2. Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

3. Les types de dégradation provoquée par les eaux :

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

➤ Pour les chaussées :

- **Affaissement** : la présence de l'eau le corps de la chaussée, et même dans le sous-sol, va modifier le comportement des matériaux faisant office de lubrifiant, et permettra au sol de glisser les autres amenant des déformations à la surface de la chaussée.
- **Désenrobages, Nid de poule** : un dégel inattendu pendant l'hiver, (mauvaise saison), l'eau s'infiltré par des éventuelles fissures, et un nouveau gel fait soulever ou peler ou le béton bitumineux, la rétention d'une quantité importante d'eau est souvent la ruine de la chaussée.
- **Décollement des bords** (affouillement des flancs).

➤ Pour les talus :

- **Erosion** : C'est l'action d'usure et de transformation que les eaux et les agents atmosphériques font subir au talus de déblais ou de remblais ainsi que des fossés par les matériaux entraînés par les eaux.
- **Affouillements du pied de talus.**
- **Glissement.**

4. Quelques définitions :

4.1. Bassin versant :

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

4.2. Chambre de visite (cheminée) :

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

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

4.3. Sacs :

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

4.4. Fossés de crêtes :

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

4.5. Décante d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

5. Les contraintes et les hypothèses :

➤ Les contraintes :

- Le choix de l'hiver de référence
- L'aire collectée (rue, les habitations,...)
- Le calcul de la surface des bassins versants.

➤ Les hypothèses :

- L'intensité de précipitation est limitée à celle de l'hiver de référence
- La surface des bassins versant est considérée invariable jusqu'à la fin de vie de la route.
- Le débit d'eau usée est négligeable par rapport à ce de l'eau pluviale (le réseau sera conçu avec le débit de point eau pluviale).

Nota Bene :

L'hiver de référence : c'est l'hiver qui a ou presque inonder la ville et qui se répète le plus souvent. Il est donc caractériser par sa période de retour T, l'intensité de pluie i (hauteur d'eau par unité de temps) exprimé en mm/s. Le choix de cet hiver est fonction de la durée de vie de la route.

L'aire collectée : c'est la somme des aires (habitations, rue) qui sont assainies par les réseaux d'assainissement de notre projet.

La surface des bassins versant se calcule avec les données topographiques du terrain. Ces données nous permettent de savoir les lignes de partage des eaux pluviales, le relief... .

6. Le calcul du débit de point

Il existe plusieurs méthodes pour le calcul du débit d'eau pluviale à savoir : la méthode rationnelle, la méthode superficielle etc.

6.1. La méthode rationnelle :

Le débit de pointe de cette méthode est donné par la formule ci-dessous :

$$Q_p = i \times C \times A \quad (1)$$

Avec :

Q_p : le débit de pointe

i : intensité de la pluie

C : le coefficient de ruissellement

A : est l'aire d'apport

6.2. La méthode superficielle :

Cette méthode a été mise au point par Caquot sur la base de la méthode rationnelle. Le débit de pointe est donné par la relation suivante :

$$Q_p = K \times I^\alpha \times C^\beta A^\gamma \quad (2)$$

Avec :

Q_p : le débit de pointe

I : la pente moyenne du bassin versant

C : le coefficient de ruissellement ($0 < c < 1$)

A : la surface du bassin versant

K, α, β, γ : sont des facteurs correctifs en fonction des différents paramètres : intensité et durée de la pluie, temps de concentration, etc.

Le coefficient de ruissellement tient compte de plusieurs paramètres :

- L'urbanisation du site
- La topographie du terrain
- La perméabilité des sols
- La présence ou non des végétaux.

Il a une influence directe sur le temps de concentration des eaux.

Tableau 22. Coefficient de frottement de ruissellement

Mode d'occupation des sols	C
Zones urbaines très dense (250 habitants à l'hectare)	0.80-0.90
Zones urbaines dense (150 habitants à l'hectare)	0.60-0.70
Zones résidentielles	0.20-0.30
Zones urbaines moyennement dense (50 habitants à l'hectare)	0.40-0.50
lotissement	0.30-0.40
Zones commerciales	0.70-0.90
Zones industrielles	0.70-0.90
Jardins publics	0.05-0.25
Terrain de sport	0.10-0.30
Zones agricole	0.05-0.10
Zones boisées	0.05

7. Le dimensionnement des tuyauteries

Le calcul de dimensionnement des tuyaux (diamètre, pente) nécessite la définition du tracé du réseau et les côtes amont et aval. Le débit est donné par la formule :

$$Q_p = V \times S \quad (3)$$

Dans laquelle :

Q_s : le débit de pointe exprimé en m^3

V : c'est la vitesse exprimé en m/s, elle est fonction de la pente et d'un coefficient d'écoulement.

S : la section transversale de conduite occupé par l'effluent en exprimé en m^2

Le débit varie en fonction des conditions de remplissage des tuyaux.

CHEZY, BASIN, MANNING, STRIKLER et d'autres chercheurs ont établie des formules suivant les différents cas de figure qui se présentent : système unitaire, séparatif, pseudo séparatif ; matériau constitutif des tuyaux.

Une des méthodes la plus couramment utilisée pour le calcul de la vitesse fait appel à la formule de CHEZY :

$$V = c \times \sqrt{R \times I} \quad (4)$$

Avec :

V est la vitesse (m/s)

R est le rayon hydraulique exprimé en mètre

I est la pente exprimé en pourcentage(%)

C est un coefficient déterminé par la formule de Bazin :

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R}} \quad (6)$$

Dans laquelle γ est un coefficient d'écoulement dont la valeur dépend de la rugosité de la paroi et l'effluent transporté (tableau...).

Tableau 23. Valeur du coefficient γ dans la formule de BAZIN

Nature des parois	γ
Très lisse (ciment, bois)	0.06
Unies (planche, brique, pierre de taille)	0.16
Unies en ciment(en service depuis 20ans)	0.20
Béton sans enduit, maçonnerie de moellons	0.46
Canaux de nature mixte (terre très régulière, pierre)	0.85
Canaux en terre ordinaire	1.30
Canaux en terre de résistance exceptionnelle (galets, herbe)	1.75

8. Application au projet

Pour le calcul d'eau pluviale nous avons adopté la méthode rationnelle.

$$Q_p = i \times C \times A$$

La surface des bassins versant se calcule pour chaque tronçon.

$$A_1 = 1,42 + 1,21 = 2,6 \text{ ha est la surface total tronçon1}$$

$$A_2 = 0,58 + 0,88 = 1,46 \text{ ha est la surface total tronçon2}$$

$$A_3 = 0,48 + 0,17 = 0,65 \text{ ha est la surface total tronçon3}$$

$$A_4 = 0,09 + 0,13 = 0,22 \text{ ha est la surface total tronçon4}$$

$$A_5 = 0,45 + 0,59 = 1,04 \text{ ha est la surface total tronçon5}$$

Chacune de ces surfaces précédentes est composée des bassins versent gauche et droite de la route. Elles ont été calculées avec Covadis.

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 2,6 + 1,46 + 0,65 + 0,22 + 1,04 = 5,97 \text{ ha}$$

L'intensité de la précipitation est égale à celle de SAÏDA (54 mm/h) mais par raison de sécurité nous avons pris :

$$I = 66 \text{ mm/h}$$

$$C_{\text{équivalent}} = \frac{S_1 \times C_1 + S_2 \times C_2}{S_1 + S_2}$$

Avec :

S1 : surface total de la chaussé

C1 : coefficient de ruissellement de la chaussée

S2 : surface du terrain naturel

C2 : coefficient de ruissellement du terrain naturel

$$S1=(2.50+7.60+1.50) \times 2 \times 5000=116000\text{m}^2=11,6\text{ha}$$

$$S2=A=5.97\text{ha}$$

On prend S2=6ha

D'après le tableau1 c1=0.90, c2=0.05

$$C_{\text{équivalent}}=\frac{S1 \times C1 + S2 \times C2}{A} = \frac{(11,6 \times 0,90) + (6 \times 0,05)}{17,6} = 0,61$$

$$i=66\text{mm/h}=166,7 \times 66/60=183,37 \text{ l/ha}$$

$$Q_p = I \times C \times A = 183,37 \times 0,61 \times 17,6 = 1968,66\text{l/s}$$

$$Q_p=1968,66\text{l/s}$$

La vitesse d'écoulement est égale 1m/s

$$S=Q/v=1968.66 \times 10^{-3}=1,969 \text{ m}^2$$

$$D=\sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 1,5\text{m} \text{ est le diamètre à l'aval du réseau.}$$

Les diamètres diminuent de l'aval à l'amont.

La pente minimale est donnée par la formule de CHEZY (équation 4) : $I = \frac{V^2}{c^2 R_h}$

Tuyaux en béton $\rightarrow \gamma = 0.46$

$$R_h = \frac{\text{Section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}} = \frac{D}{4} = 0.3$$

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R_h}} = \frac{87}{(1 + \frac{0,46}{0,3})} = 34,34$$

$$I = \frac{1}{34,34^2 \times 0,33} = 0,00256 \text{ soit } 2,5^\circ / \text{‰}$$

12

$$I = 2,5^\circ / \text{‰}$$

9. La composition d'un réseau d'assainissement

Les réseaux d'assainissement collectent des eaux plus ou moins chargées et doivent les véhiculer dans les meilleures conditions. La priorité est d'assurer le transfert des eaux polluées vers l'unité de traitement tout en garantissant la protection du milieu extérieur. Le réseau d'assainissement comprend des ouvrages dont les fonctions sont bien précises : les canalisations, les collecteurs, les regards visitables ou non visitables et les ouvrages annexes (figure...).

- **Les canalisations :**

Les canalisations doivent résister à la fois à la pression d'écoulement des effluents, le poids des terres sus-jacentes et les surcharges provenant de la chaussée (circulation des véhicules etc.). Elles sont soumises à certains essais : des essais de résistance à l'écrasement, à la flexion, à l'abrasion et à la corrosion. Elles subissent des épreuves portant sur l'étanchéité et la porosité. Elles sont réalisées avec les matériaux suivants : béton non armé comprimé ou centrifugé, béton armé centrifugé, grès, fonte, polychlorure de vinyle (PVC), polyester renforcé de fibres de verre (PRV). Chacun de ces matériaux a ses caractéristiques propres et répond à des normes de fabrication très précises et à des certifications.

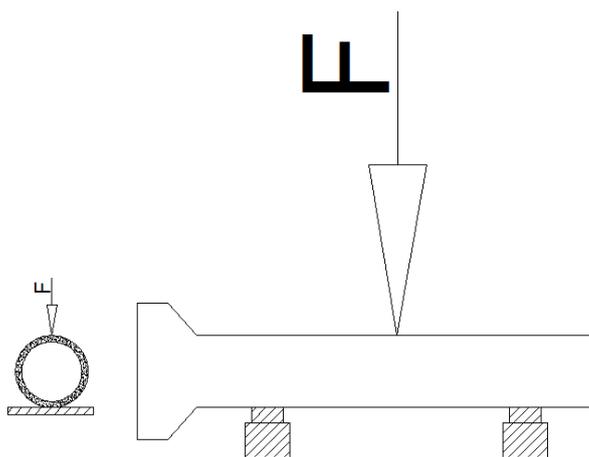


Figure 38. Essai de flexion

- **Les regards :**

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

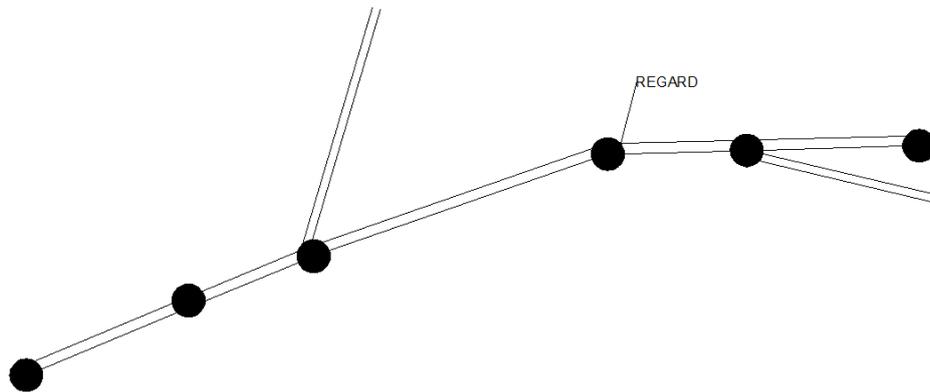


Figure 39. Vu en plan d'un réseau d'assainissement

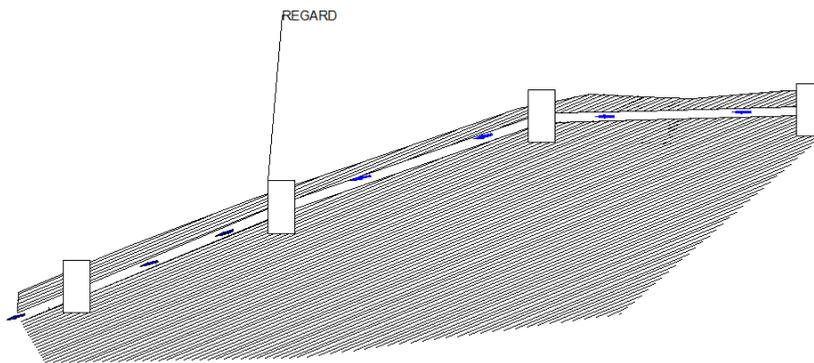


Figure 40. Profil en long d'un réseau d'assainissement

- **Les ouvrages de collecte des eaux de pluies :**

Ce sont des regards à grille, des avaloirs ou bouche d'égout, les caniveaux etc.

- **Les ouvrages annexes :**

Les ouvrages annexes regroupent un certain nombre d'éléments qui, sans être systématiquement nécessaires à un réseau d'assainissement, en améliorent le bon fonctionnement.

Conclusion

Ce projet de fin d'étude nous a permis de faire quelques remarques

- Il n'existe pas de projets identiques
- Chaque projet a ses propres caractéristiques
- Ces caractéristiques sont fortement influencées par le trafic
- Du trafic tout engendre, le nombre de voie, le choix des matériaux de chaussée.
- Parmi les contraintes principales d'un projet routier nous avons l'estimation du coût globale du projet qui est directement lié à la cubature.
- Le problème de la cubature c'est qu'il n'estime pas la difficulté de terrassement (il ne tient pas compte de la nature du sol) il ne donne pas la valeur exacte mais une valeur très proche de la réalité.
- En projet routier rien n'est exacte tout se fait avec un intervalle de tolérance d'où la naissance de règlements.
- Pour assurer la sécurité il faut suivre des règlements.

Bibliographie

Aide mémoire Travaux public, Edition DUNOD

G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées

Gérard Karsenty, 2004. Guide pratiques des VRD et aménagements extérieurs, Edition Eyrolles

LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006).

LCPC, Conception et dimensionnement de la structure

SETRA- Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée

SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme

SETRA-LCPC, 1997. Catalogue de structures types de chaussées neuves