

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL
En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages d'Art

Présenté par :

AISSAOUI Houssef

AYAD Hichem

Sujet du mémoire

**Etude technique de dédoublement de la route nationale RN23 entre
GUERTOUFA et limite wilaya de RELIZANE sur 4 km
du PK 109 au PK113 avec dimensionnement d'un dalot en béton armé**

Soutenu publiquement le 23 juin 2025 devant le jury composé de :

KLOUCHE Djedid Ibrahim

President

ABADA Ghanem

Encadreur

MIMOUNI Mohamed

Examineur

BENYAMINA Abderrahmane

Examineur

KHARROUBI Lamia

Examinatrice

Année universitaire : 2024/2025



REMERCIMENTS

Nous remercions d'abord à Dieu Tout Puissant que nous adressons mes remerciements pour avoir guidé nos pas dans le bon chemin et qui nous a permis de mener à bien mon travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements à nos familles, qui nous ont toujours soutenus et poussés à continuer nos études. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à leur soutien

Nous remercions notre cher Enseignant et Encadreur Mr Ghanem ABADA pour ses conseils précieux et son soutien permanent.

A tous ceux qui nous ont bien accueilli, bien conseillé, à ceux qui, par leur sourire ou par leur poignée de mains, nous ont encouragé, nous leurs disons un grand Merci.

Nous remercions tous nos enseignants du Génie civil, ainsi que le personnel administratif de l'université, et les responsables de la bibliothèque.

Sans oublier de remercier les membres de l'honorable jury pour l'intérêt qu'ils portent en examinant ce modeste travail.

Enfin, nous remercions également toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à

la réalisation de ce mémoire

Dédicace

Grace à ALLAH qui m'a guidé et me donner la force pour compléter ce travail **je dédie ce travail**

À Ma Mère

Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je vous porte.

C'est à vous que je dois mon succès.

En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier de vos sacrifices consentis

Et pour l'affection dont vous m'avez toujours témoignée.

À Mon Père

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif

Et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

Aucune dédicace n'exprimer mes sentiments, que Dieu vous préserve et vous procure santé et longue vie.

À Mes Frères et Sœurs

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous,

Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.

Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser vos vœux les plus chers.

À Mes Cher (es) Ami (es)

Je vous remercie pour vos amitiés chères à mon cœur,

AYAD ET AISSAOUI

SOMMAIRE

Titre	Page
Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Notation et symboles	
Introduction générale	
Le 1 ère Partie :Etude de dédoublement la route	
Chapitre I : présentation de projet	
I. Introduction	24
I.2.Présentation de la Wilaya de Tiaret	24
● Localisation de la wilaya	24
I..2.1 Réseau routier de la wilaya	24
I.2.2 Réseau hydrographique de la wilaya	25
I.2.3 Climatologie de la wilaya	25
I.3 Risque sismique	26
I.4. Relief de la wilaya	27
I.5. Identification le projet	27
I.5. Objectifs du projet	27
Chapitre II : Etude de trafic	
II.1 Introduction	30
II.2 Définition des trafics supportés par le réseau	30
II.3 Analyse du trafic	30
II.4. Les éléments de ces analyses sont multiples	30
II.5 Différents types de trafics	31
II.6 Catégorie et environnement de la route	31

II.6.1	Catégorie de la route	31
II.6.2	Environnement de la route	31
II.6.2-1	La dénivelée cumulée moyenne	31
II.6.2-2	Sinuosité	32
II.7	Définition de la capacité	33
II.8	Données de trafic	33
II.8.1	Calcul de TJMA horizon	34
II.8.2	Calcul des trafics effectifs	34
II.8.3	Débit de point horaire normal	35
II.8.4	Débit horaire admissible	35
II.8.5	Calcul le nombre de voies	36
II.8.6	Calcul de l'année de saturation de	37

Chapitre III : Etude géométrique

III.1	Tracé en plan	39
III.1.1	Introduction	39
III.1.2	Les règles à respecter pour le tracé en plan	39
III.1.3	Les éléments du tracé en plan	39
III.1.4	Rôle et nécessité des courbes de liaison	41
III.1.5	Types de courbes de raccordement	41
III.1.6	Conception du tracé en plan	41
III.2	Profil en long	43
III.2.1	Introduction	43
III.2.2	Règles à observer dans le tracé de la ligne rouge	43
III.2.3	Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	44
III.2.4	Déclivité	44
III.2.5	Raccordement en profil en long	45
III.2.6	Conception du profil en long	44
III.3	Profil en travers	46
III.3.1	Éléments Constitutifs du Profil En Travers	46
III.3.2	Différent type de profils en travers	47
III.3.3	Profil en travers type du projet	48

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

IV.1.	Introduction	50
IV.2.	Définition de la chaussée	50
IV.2.1.	Au sens géométrique	50
IV.2.2.	Au sens structurel	50
IV.3.	Le rôle des différentes couches d'une chaussée souple	51
IV.3.1.	Couche de surface	51
IV.3.2.	Couche de base	51
IV.3.3.	Couche de fondation	51
IV.3.4.	Couche de forme	52
IV.4.	Méthodes de dimensionnement des chaussées	52
IV.4.1.	Méthode A.A.S.H.O	52

IV.4.2. Méthode asphalte in-situ	53
IV.4.3. Method CBR (California – Bearing – Ratio)	53
IV.5. Application de la méthode CBR	54
IV.6. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	54
IV.6.1. La démarche du catalogue	54
IV.6.2. Application au projet	55

Chapitre V : Calcul de cubature

V.1. Introduction	58
V.2. Définition	58
V.2.1 Cubatures	58
V.2.2 Terrassements	58
V.2.3 Classification des terrassements	58
V.2.4 Classification des terrains	59
V.2.5 Cubatures des terrassements	59
V.3. Méthodes de calcul des cubatures	59
V.4. Application au projet	62

Chapitre VI: Ouvrages d'assainissement

VI1 Introduction	64
○ Pour les chaussés	64
○ Pour les talus	64
VI2 Objectif de l'assainissement	64
VI3 Ouvrages	64
d'assainissement de la chaussée	64
VI3.1 Assainissements de la chaussée	65
VI3.2 Fosse de pied de talus de déblai	65
VI3.3 Fosse de crête de déblai	65
VI3.4 Fosse de pied de talus de remblai	65
VI3.5 Les Regards	65
VI3.6 Sacs	66
VI3.7 Bassin versant	66
VI3.8 Les dalots	66
VI3.9 Buses	66

Chapitre VII: La signalisation routière

VII1 Introduction	69
VII2 L'objectif de la signalisation routière	69
VII3 Règles à respecter pour la signalisation routière	69
VII4 Principe de la signalisation routière	69
VII5 Type de la signalisation routière	70
VII5.1 La signalisation verticale	70
IV.5.1.1 Les panneaux de danger	71
IV.5.1.2 Les panneaux d'interdiction	72

VII5.1.3	Panneaux d'obligation	73
IV.5.1.3	Panneau d'indication	73
VII5.1.4	Panneau de direction	73
VII5.1.5	Bornes de signalisation	74
VII5.1.6	Les balises de signalisation	75
VII5.1.6.1	Balise de virage	75
VII5.1.6.2	Balise d'obstacle	75
VII5.1.6.3	Balise de guidage	76
VII5.1.6.4	Balise d'alignement	76
VII5.2	Signalisation horizontale	77
VII5.2.1	Marques longitudinales	77
VII5.2.3	Autre signalisation	78

Le 2 eme partie ;Dimensionnement du Dalot

Chapitre VIII: Hypothèses relatives aux matériaux

VIII1	Béton	82
a)	Composition	82
b)	Caractéristiques physique et mécaniques du Béton	83
VIII2	Acier	84
VIII2.1	Aciers ronds lisses 'RL'	84
VIII2.2	Aciers à haute adhérence 'HA'	84
VIII3	Contraintes limites	84

Chapitre IX : Programme de charges statique et dynamique

IX1.	Introduction	87
•	Les actions permanentes comprennent	87
•	Les actions variables	87
IX2.	L'action de la poussée des terres	88
IX3.	Calcul des surcharges routières	89
IX3.1	Système de charges A (L)	90
IX3.2	Système de charges B	91

Chapitre X: modalisation de l'ouvrage

X.1	Introduction	96
X.2.	Dimensions du dalot	97
X.3.	Modélisation du dalot avec le logiciel Autodesk Robot Structural	98

X.4. Les différents cas de charges X.5.	99
Exploitation des résultats de calcul	101

Chapitre XI: Ferrailage des éléments constitutifs du dalot

XI1 Introduction	104	XI2. Sollicitations de calcul aux états limites	104	XI3. Calcul des sections des armatures	105
XI4. Récapitulatif des sections des armatures	106	XI5. Dessin de ferrailage	108		
Devis quantitatif et estimatif					109
Conclusion générale					110

LISTE DES FIGURES

Titre	Page
Figure I.1. Situation géographique	24
Figure I. 2. Réseau routier de la wilaya de Tiaret	25
Figure I.3. Carte de zonage sismique de l'Algérie	26
Figure I.4. Localisation de RN23.	27
Figure I.5. Potos du tracé de notre projet	28
Figure II .1: Dénivelée cumulée.	32
Figure II 2. Définition de la Sinuosité d'une route.	32
Figure II .3 : synthèse du comptage réalisé en 2019	34

Figure III.1. Elément de tracé en plan	39
Figure III.2. Tracé en plan	42
Figure III.3. Raccordement en Profil en long	45
Figure III.4. Extrait du Profil en long (axe05)	46
Figure III.5. Les éléments du profil en travers	47
Figure III.6. Différents types de profil	48
Figure IV.1. Coupe type d'une chaussée souple	51
Figure IV.2. Organigramme de la démarche du catalogue (CTTP)	55
Figure IV.3. Corps de chaussée	56
Figure V.1. Formule des trois niveaux	60
Figure V.2 Profil adopté pour le tracé en long	60
Figure V.3. Méthode de Gulden	61
Figure VI.1. Les regards	66
Figure VI.3. Un Dalot	66
Figure VI.4. Une buse	67
Figure VII.1. Virage à droite dans 500m	72
Figure VII.2. Succession un virage à droite sur une distance de 4.5m	72
Figure VII.3. Circulation dans les deux sens	72
Figure VII.4. Interdiction de passage de bus	72
Figure VII.5. Panneaux de sens-interdit	72
Figure VII.6. Panneau indique que la vitesse n'est plus limitée à 90 km/h	73
Figure VII.7. Panneau d'obligation de tourner à droite	73
Figure VII.8. Panneau de contournement obligatoire à droite	73
Figure VII.9. Panneau fin d'obligation	73
Figure VII.10. Une route à sens unique	74
Figure VII.11. Un passage piéton	74
Figure VII.12. Panneau d'entrée et sortie d'autoroute	74
Figure VII.13. Bornes kilométrique	75
Figure VII.14. Balise de virage	75
Figure VII.15 . Balise d'obstacle	76
Figure VII.16. Balise de guidage (jaune, blanche et verte)	76

Figure VII17. Balise d'alignement	77
Figure VII18. Modulation de la ligne.	78
Figure VII19. Ligne STOP	78
Figure VII20. Flèche rabattement	79
Figure VII21. Flèche de sélection	79
Figure VII22. Types de modulation Référence signalisation routière (art-144)	80
Figure IX.1. Action de la poussée des terres sur le dalot	88
Figure IX .2. Système Bc	92
FigureIX .3. Système Bt	93
Figure IX .4. Système Br	94
Figure IX5. Diffusion des charges pour le système Bc.	94
Figure X.1. Schéma d'un pont-cadre (dalot)	96
Figure X.2. Le choix des goussets angle supérieur	97
Figure X.3. Le choix des goussets angle inférieur	97
La figure IX.4. Coupe transversale et longitudinale du dalot étudié	98
Figure X.5. Modélisation en 3D du dalot	99
Figure X.6. Sous charges permanentes G	99
Figure X.7 Sous charges d'exploitation A les deux travées chargées	100
Figure X.8. Sous charges d'exploitation A une seule travée chargée	100
Figure X.9. Sous charges dues aux poussées des terres	101
Figure X.10. Résultats du moment Max suivant la coupe A-A1	101
Figure. XI1. Dessin de ferrailage des éléments du dalots avec les détails des goussets.	108

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Tableau I.1. Température de la wilaya de Tiaret en 2010	26
Tableau I.2. Pluviométrie de la wilaya de Tiaret en 2010	26
Tableau I..3. Le coefficient d'accélération (A)	28
Tableau.II.1. Environnement de la route	33
Tableau.II.2. Coefficient d'équivalence P	34
Tableau II. 3. Données de trafic	34

Tableau II. 4. Valeurs du coefficient réducteur K1	36
Tableau II. 5. Les valeurs du coefficient k2 Catégorie de la route	36
Tableau II. 6. Les capacités théoriques Route Capacité théorique	36
Tableau II .7 : Résultats de calcul de capacité	36
Tableau III.1. Valeurs des rayons et les dévers associés ARP	43
Tableau III.2. La déclivité maximale en fonction de la vitesse de référence	54
Tableau III.3. Paramètres géométriques du tracé	56
Tableau.IV.1. Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	64
Tableau IV.2. Epaisseur du corps de chaussée	67
Tableau V.3. Comparaison des variantes	73
Tableau V.4. Grille d' évaluation	73
Tableau VI1. Les ouvrages hydrauliques proposent	89
Tableau IV.1. Tableau de classification des panneaux du Code de la route	83
Tableau VII2. Modulation de la ligne discontinue.	91
Tableau VIII1. Composition d'un mètre cube de béton.	96
Tableau IX. 1. Tableau de σ_p	102
Tableau IX. 2. Tableau de Classe de pont.	103
Tableau IX. 3. Tableau de Coefficient de dégressivité transversale de la charge.	104
Tableau IX .4. Tableau de Charge A (L) par voie	104
Tableau IX.5. Tableau du Coefficient b_c .	105
Tableau IX.6. Tableau de Charge (BT) par tandem	107
Tableau X.1. Tableau comparatif des sollicitations obtenues par Robot	117
Tableau XI .2. Tableau des sollicitations aux états limites	119
Tableau XI 3. Ferrailage des éléments du dalot	123

NOTATION ET SYMBOLES

TJMA_n : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année. τ : taux

d'accroissement du trafic (%).

Teff : trafic effectif à l'année horizon en (uvp). Z

: pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Q : débit de pointe horaire

1/n : coefficient de pointe horaire pris égal à 0.12.

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Cth : capacité effective par voie.

S : coefficient de dissymétrie.

Qadm : débit admissible par voie.

C.B.R : California -Bearing - Ratio.

L.C.P.C : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux. GT : grave traité.

GNT : grave non traité.

Sol.s : sol support.

e: épaisseur équivalente.

ICBR: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon. P:

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

Log: logarithme décimal.

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé. e1,

e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

θ : température équivalente. et : la déformation de traction par traction à la

base des couches bitumineuses. ez : la déformation verticale sur le sol

support. L_{min} : longueur minimale.

L_{max} : longueur maximale.

F : résultante des réactions tangentielles.

F1 et F2 : réactions tangentielles.

RH min : Rayon horizontal minimal absolu (m).

RHN : Rayon horizontal normal (m).

RHd : Rayon horizontal déversé (m).

RHnd : Rayon horizontal non déversé (m).

d_{max} : divers maximal. d_{min} : divers minimal.

V_B : vitesse de référence.

R : rayon en (m).

Δd : la variation de divers. I_{min}

: déclivité minimal. I_{max} :

déclivité maximal. g :

accélérations de la pesanteur.

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

V_r : vitesse de référence (km /h).

SD : distance de visibilité disponible (m).

R_v : rayon vertical convexe (m).

h_o : hauteur de l'œil du conducteur (m). h_g

: hauteur de l'obstacle (m).

S [m] : distance de visibilité disponible (distance d'éclairage)

R_v' [m] : rayon vertical concave TN

: Terrain Naturelle.

SD : Surface Déblai.

SR : Surface Remblai.

Résumé :

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes. Le travail proposé concerne l'élargissement d'un tronçon de la route nationale RN23 qui souffre du surplus du trafic enregistré, d'où une étude de dédoublement complète effectuée sur 4 km du PK109+000 au PK113+000 pour alléger les charges et rendre la circulation adoucissante aux usagers. Une étude détaillée de plusieurs variantes du tracé en plan nous a permis de choisir la bonne variante qui répond aux différents critères exigés par la réglementation en vigueur et qui assurent confort et sécurité des usagers.

Ce projet, dans ses grandes phases, consiste en :

- Une étude cinématique ;
- Une conception géométrique de la route, trace en plan, profil en long et profils en travers, en utilisant le logiciel Autopiste ;
- Une Etude géotechnique et dimensionnement du corps de chaussée ;
- Dimensionnement des ouvrages d'assainissement avec étude détaillée d'un dalot en béton armé au PK 2+701 à l'aide du logiciel Autodesk Robot Structural, Et enfin un devis quantitatif et estimatif du projet.

Mots clés : Infrastructure, Trafic, Dédoublement, Chaussée

ملخص :

يندرج مشروعنا في السنة النهائية ضمن مجال البنية التحتية للنقل، وخاصة الطرق. يتضمن العمل المقترح توسيع جزء منالطريق الوطني RN23، الذي يعاني من ازدحام مروري خانق. وقد أدى ذلك إلى دراسة شاملة لإزدواجية الطريق، أجريت على مسافة 4 كيلومترات من PK109+000 إلى PK113+000، وذلك لتقليل الأحمال وتحسين انسيابية حركة المرور

للمستخدمين. وقد أتاحت لنا الدراسة التفصيلية للعديد من بدائل الطرق اختيار أفضل طريق يلبي مختلف المعايير المطلوبة بموجب اللوائح الحالية، ويضمن راحة المستخدم وسلامته .

يتكون هذا المشروع، في مراحله الرئيسية، من:

✓ دراسة حركية ؛

✓ تصميم هندسي للطريق، يشمل محاذاة المخطط، والمقاطع الطولية، والمقاطع العرضية، باستخدام برنامج Autopiste؛

✓ دراسة وتصميم جيوتقني لهيكل الطريق؛

✓ تصميم أعمال الصرف الصحي مع دراسة تفصيلية لقناة صرف من الخرسانة المسلحة في 2+PK 701 باستخدام برنامج

.Autodesk Robot Structural

✓ وأخيراً، حصر الكميات وتقدير تكلفة المشروع.

الكلمات المفتاحية: البنية التحتية، المرور، الازدواج، الطرق

Summary:

Our final-year project is in the area of transport infrastructure, and in particular roads. The proposed work involves widening a section of the RN23 national road, which is suffering from excessive traffic. This led to a comprehensive road doubling study carried out over 4 km from PK109+000 to PK113+000 to reduce loads and improve traffic flow for users. A detailed study of several route alternatives allowed us to choose the best route that meets the various criteria required by current regulations and ensures user comfort and safety.

This project, in its main phases, consists of:

- A kinematic study.
- A geometric design of the road, including plan alignment, longitudinal profile, and crosssectional profiles, using the AutoPiste software.
- A geotechnical study and design of the roadway structure.
- Design of the drainage works with a detailed study of a reinforced concrete retaining wall for drainage at PK 2+701 using Autodesk Robot Structural software.

Finally, a quantity survey and project cost estimation.

Keywords : Infrastructure, Traffic, Duplication, Roadway



Introduction *générale*

INTRODUCTION GENERALE

En général, une étude de dédoublement de route examine la faisabilité, les avantages, les désavantages et les implications de transformer une route existante à une seule chaussée en une route à deux chaussées séparées par un terre-plein central ou une barrière. Le but primordial est d'améliorer la fluidité du trafic et de renforcer la sécurité routière. Ces études sont généralement initiées en réponse à une augmentation importante du volume de trafic sur une route donnée, entraînant des problèmes de congestion, des temps de parcours allongés et un risque accru d'accidents, notamment les collisions frontales. Une étude de dédoublement va bien au-delà d'un simple ajout de voies. Elle implique une analyse approfondie de plusieurs facteurs clés : Analyse du trafic actuel et futur : Comprendre les volumes de trafic, les types de véhicules, les heures de pointe et projeter la croissance future est crucial pour dimensionner correctement le projet.

Sécurité routière : L'étude examine l'historique des accidents, identifie les points noirs et évalue comment le dédoublement peut réduire les risques. La suppression des croisements à niveau et l'aménagement d'échangeurs sont souvent des éléments clés

Aspects techniques et d'ingénierie : Cela comprend l'étude du tracé, de la géométrie de la route, des ouvrages d'art nécessaires (ponts, tunnels, passages supérieurs), des matériaux à employer et des techniques de construction.

Impact environnemental et social : L'étude évalue les effets du projet sur l'environnement (faune, flore, qualité de l'air et de l'eau, bruit) et sur les populations locales (déplacements, expropriations, activités économiques). Des mesures d'atténuation et de compensation sont souvent proposées.

Aspects économiques et financiers : Une analyse coûts-avantages est réalisée pour déterminer la viabilité économique du projet. Cela inclut les coûts de construction, d'entretien, les bénéfices en termes de réduction des temps de parcours, de diminution des coûts d'exploitation des véhicules et de réduction du nombre d'accidents.

Cadre réglementaire et juridique : L'étude doit prendre en compte les lois, les normes et les procédures administratives en vigueur. En somme, une étude de dédoublement de route est un processus complexe et multidisciplinaire qui vise à déterminer si un tel projet est justifié, réalisable et bénéfique pour la collectivité. Elle fournit aux décideurs les informations nécessaires pour prendre des décisions éclairées sur l'investissement dans les infrastructures routières. D'où la nécessité de notre étude, qui consiste à faire l'étude de dédoublement d'un

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

- Une conception géométrique de la route (Tracé en plan, profil en long et profils en travers à l'aide du logiciel Autopiste 13).
- Une conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- Une étude géotechnique, dimensionnement des ouvrages d'assainissement avec étude détaillé d'un dalot en béton armé à deux ouvertures étude d'assainissement, et enfin le calcul du devis quantitatif et estimatif du projet.



Chapitre 1
Présentation du projet

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 Introduction

La wilaya de Tiaret occupe une position clé dans le réseau routier national. Ce projet vise à améliorer ses infrastructures routières pour renforcer la mobilité, la sécurité et le développement régional.

I.2 Présentation de la Wilaya de Tiaret

La wilaya de Tiaret est une wilaya algérienne située à l'ouest du pays dans la région des hauts plateaux. C'est une région à vocation agro-pastorale.

La ville de Tiaret est située à 1 143 m (altitude du Col), sur les flancs du djebel Guezoul qui fait partie de la chaîne de l'Atlas tellien, boisé principalement par des variétés de cyprès et pin d'Alep.

La wilaya de Tiaret est située à l'ouest de l'Algérie, elle est délimitée :

- Au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane.
- Au sud, par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh.
- À l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda.
- À l'est, par la wilaya de- Djelfa.

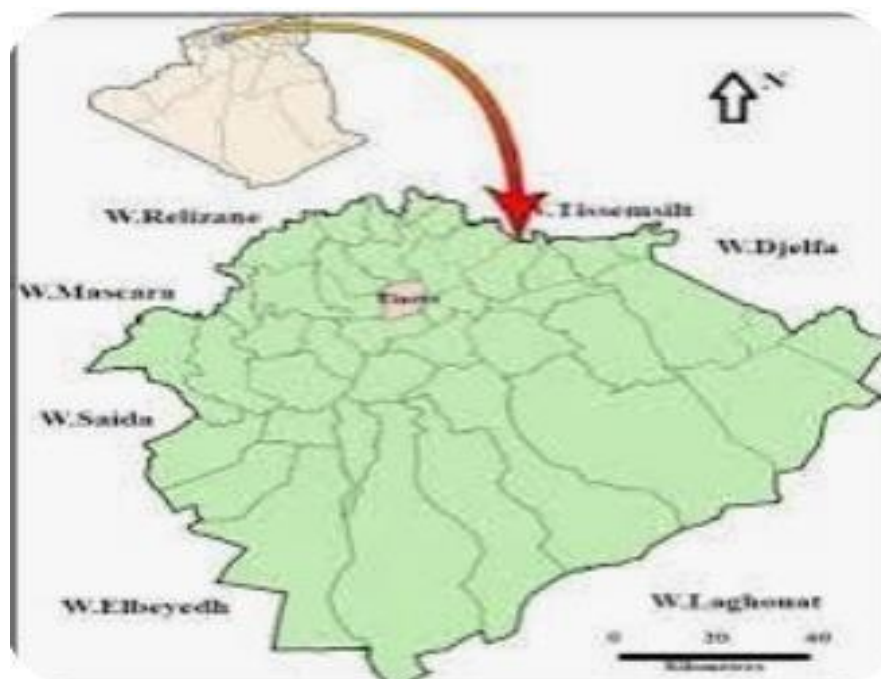


Figure I.1 : Situation géographique

I.2.1 Réseau routier de la wilaya

La wilaya de Tiaret dispose d'un réseau routier relativement dense qui assure la liaison entre les différentes communes et les wilayas voisins. Ce réseau comprend des routes nationales, des routes départementales et communales, facilitant le transport des personnes et des marchandises. La route nationale n° 23, reliant Tiaret à Relizane et Laghouat, constitue un axe principal de plus, la région bénéficie de plusieurs infrastructures en cours de modernisation afin d'améliorer la sécurité et la fluidité du trafic.

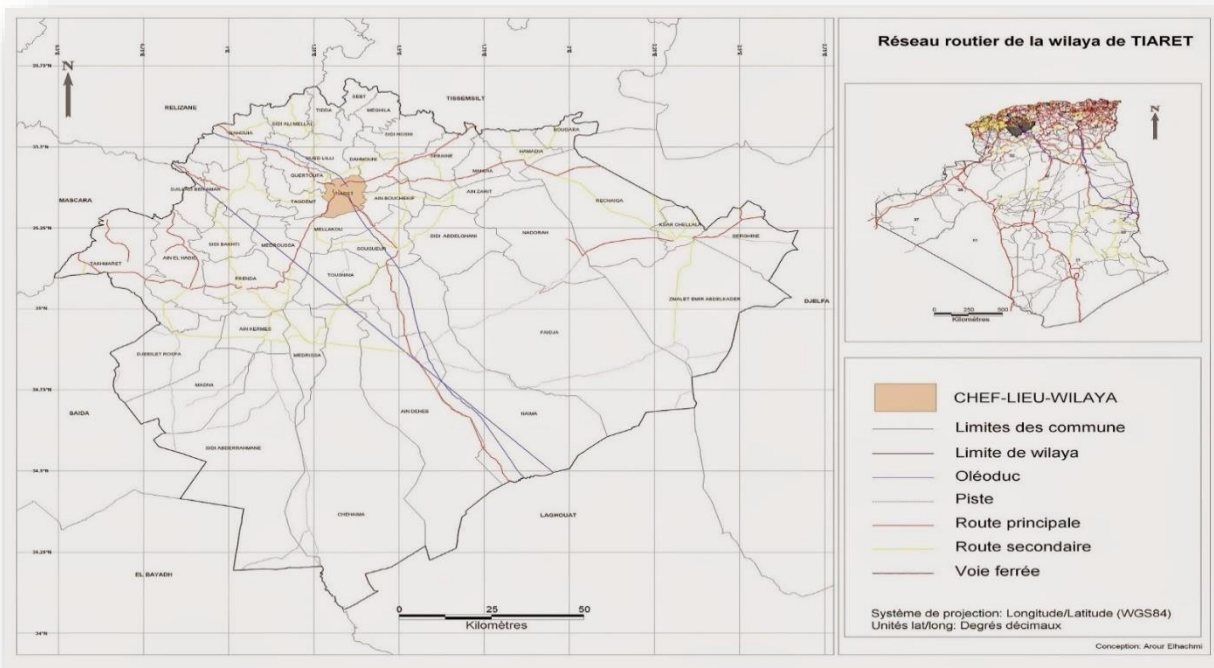


Figure I. 2 : Réseau routier de la wilaya de Tiaret.

I.2.2 Le réseau hydrographique de la wilaya

Le réseau naturel de la wilaya est constitué de plusieurs sources, Oueds et nappes souterraines. La longueur du réseau s'élève à 1938 Km dont 889 Kilomètres pour les oueds permanents et 1049 Kilomètres pour les Oueds intermittents. Les principaux Oueds sont l'Oued Touil, l'Oued El Abed et Nahr Ouassel. Les eaux souterraines sont constituées par les nappes du Sersou, du chote chergui et d'Oued Touil.

I.2.3 Climatologie de la wilaya

- **Température**

Elle est caractérisée par deux périodes principales durant l'année :

Un hiver rigoureux, accompagné souvent par des chutes de neige, la température moyenne enregistrée est de 7,2 °C.

Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24 °C.

Tableau.I.1 : Température de la wilaya de Tiaret en 2010

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température moyenne (°C)	7,1	8,7	10,1	13	14,9	20,7	28	26,5	21,4	15,5	10	8,2	15,43

• **Pluviométrie**

En période normale la wilaya de Tiaret reçoit 300 à 400 mm de pluie par an ; avec une fluctuation saisonnière de la pluviométrie allant de 157 mm en hiver a 31 mm en été.

Tableau I.2 : Pluviométrie de la wilaya de Tiaret en 2010

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Pluviaux métier (mm)	57,4	138,6	66,6	14,6	44,1	5,8	0,1	35,3	7,5	47,6	52	22,4	492

I.3 Risque sismique

La région de Tiaret est a priori peu concernée par les risques sismiques. Les cartes montrent que la région a été touchée, de septembre 1973 à juillet 2006, par un nombre très restreint de séismes, d’amplitude faible à modérée. Cependant cet aléa ne peut y être considéré comme tout à fait négligeable, en raison de la proximité de la partie Nord de la wilaya avec celle des wilayas à aléa sismique notable. D’après le RPA 99 version 2003, la région de Tiaret est située dans la zone de faible sismicité (Zone I). La zone de l’étude se situe dans la région Est du réseau routier de la wilaya de Tiaret.

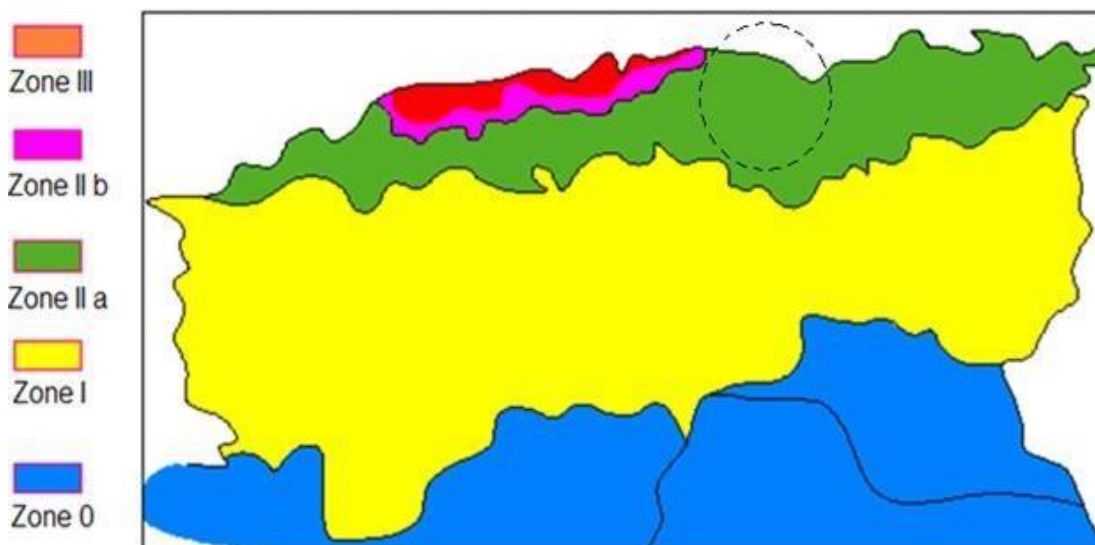


Figure I.3 : Carte zonage sismique du territoire national.

I.4 Relief de la wilaya

La wilaya de Tiaret présente sur le plan physique trois grandes zones distinctes :

- Au nord : une zone montagneuse de l'Atlas tellien
- Au centre : les hauts plateaux
- Au sud : des espaces semi arides

I.5 Identification de projet

Le tronçon de la route nationale RN 23 est d'une importance majeure dans le réseau routier Algérien et stratégique pour le développement économique régional, en reliant GUERTOUFA et limite de wilaya RELIZANE sur 4 km du PK 109 au PK 113, **Figure I.4.**

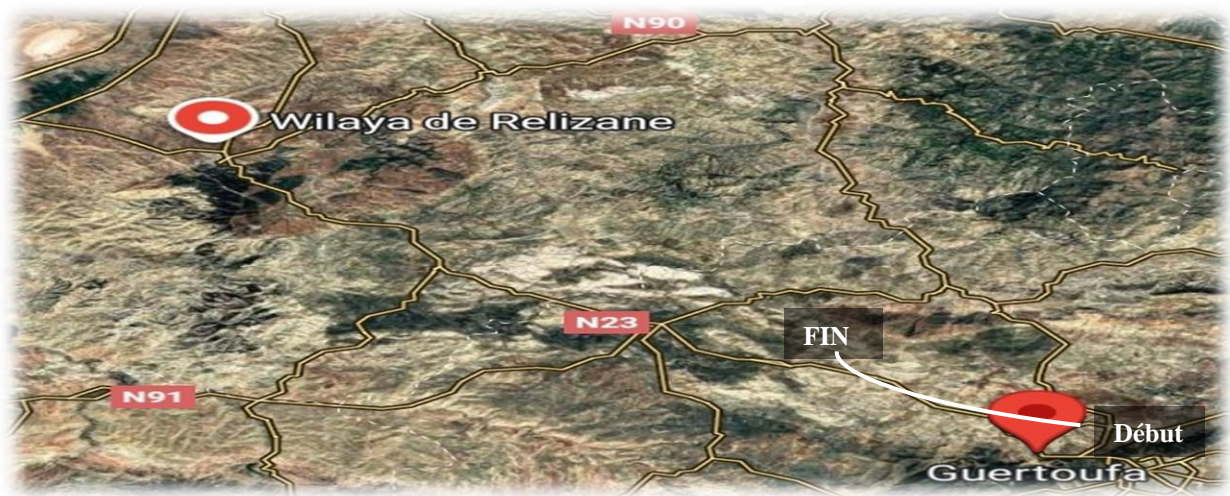


Figure I.4 : Localisation de notre tronçon sur la RN23.

I.6 Objectifs du projet

La route nationale 23 (RN23) joue un rôle stratégique dans le développement économique régional en connectant les régions méditerranéennes du pays au sud.

Vu l'importance de cette infrastructure routière, la route bidirectionnelle pose de sérieux problèmes sur les déplacements, la sécurité, le confort des usagers ainsi que sur la fluidité du trafic.


A cet effet le projet de dédoublement de la RN23 à une grande importance sur l'aspect économique et social de la région. Le projet objet de la présente étude a pour le but de :

- Appuyer le développement économique local et régional ;
- Créer une attractivité de la région ;
- Améliorer la qualité de service pour les usagers de la route ;
- Réduire le nombre d'accidents sur ce tronçon ;

Le dédoublement en question doit se faire à gauche ou à droite de la chaussée existante et d'assurer un renforcement de 8 cm en béton bitumineux de cette dernière afin de minimiser les couts de réalisation, **Figure I.5**.



Figure I.5 : Photos du tracé de notre projet routier sur la RN23.



Chapitre II
Etude cinématique

CHAPITRE II : ETUDE CINEMATIQUE

II .1 Introduction

L'étude du trafic représente une manière importante de saisir les importants flux à travers un pays ou une région, elle forme une partie notable des études de transport, et constitue simultanément une approche cruciale de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, pour partie « stratégie et planification » sur l'anticipation des trafics sur les réseaux routiers, elle est indispensable pour :

Apprécier la valeur économique des projets routiers.

Estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont en fonction du volume de circulation.

Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant

Le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (Nombres de voies).

Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules

II.2 Définition des trafics supportés par le réseau

Pour les trois étapes indiquées ci-dessus, les résultats à espérer concernent les points suivants

Les niveaux de trafic : il s'agit en général des niveaux moyens de l'année (Trafic Moyen Journalier Annuel) éventuellement des niveaux moyens d'été et d'hiver et des Niveaux en périodes de pointe (jours les plus fréquentés de l'année).

La nature du trafic : analyse de la répartition du trafic entre les différentes catégories

D'usagers (véhicules légers, poids lourds, éventuellement deux roues et véhicules Agricoles).

La fonction de l'infrastructure : analyse de la répartition par type de trafic (trafic local, Trafic d'échange, trafic de transit). Dans le cas de réseaux maillés complexes, le trafic Sera décomposé en relations origine destination. Si nécessaire, on analysera également La répartition par motif pour les véhicules légers.

II.3 Analyse du trafic

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est

Indispensable de procéder à un comptage. Ceux-ci nécessitent une logistique et une

Organisation appropriée

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour

L'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination

Des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

II.4. Les éléments de ces analyses sont multiples

- Statistiques générales ;
- Comptages sur routes (manuels, automatique) ;
- Enquêtes de circulation

II.5 Différents types de trafics

Trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans tenir compte du nouveau projet.

- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic induit** : C'est le trafic qui résulte de :
 - Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
 - Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
- **Trafic total** : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié. I.

II.6 Catégorie et environnement de la route

II.6.1 Catégorie de la route

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes. Chaque catégorie, vise à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer. En Algérie, les routes sont classées en cinq catégories

Catégorie C1 : liaison entre deux grands centres économiques et des centres d'industrie lourde.

La catégorie C2 : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.

Catégorie C3 : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.

Catégorie C4 : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.

Catégorie C5 : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes

II.6.2 Environnement de la route :

L'environnement de la route est caractérisé par deux indicateurs : La dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité.

II.6.2.1 Relief ou dénivelée cumulée moyenne :

C'est la Somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire.

Le rapport de la dénivelée cumulée total H à la longueur totale de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

□ Terrain plat $H/L \leq 1,5\%$;

□ Terrain vallonné $1,5\% \leq H/L \leq 4\%$; □ Terrain montagneux $H/L \geq 4\%$.

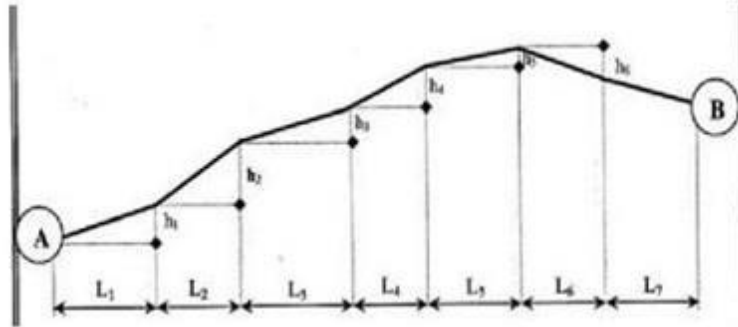


Figure II.1: Dénivelée cumulée.

II.6.2.2 Sinuosité :

La sinuosité δ d'un itinéraire EST égale au rapport de la longueur L_s sur le total de l'itinéraire.

$\Delta = (\text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200\text{m}) / L \text{ totale}$. Le B40 distingue trois types d'environnement en fonction des deux paramètres précédents, **tableau II.1**.

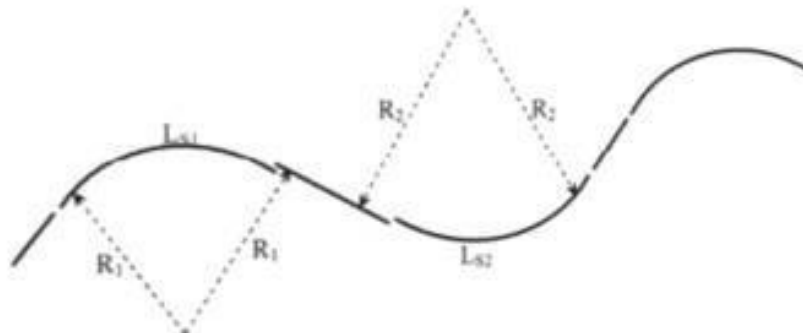


Figure II.2 : Sinuosité d'une route.

Tableau. II.1. Environnement de la route.

Relief \ Sinuosité	Faible ($\delta < 0.1\%$)	Moyenne $0.1\% < \delta < 0.3\%$	Forte $\delta > 0.4\%$
Plat $H/L \leq 1,5\%$;	E1	E2	
Vallonné $1,5\% \leq H/L \leq 4\%$	E2	E2	E3
Montagneux $H/L \geq 4\%$.	E3	E3	

II.7 Définition de la capacité

La capacité est le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

La procédure de détermination du nombre de voies : Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

Tableau II.2. Coefficient d'équivalence P

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

II.8 Données de trafic

Les données du trafic obtenues de la direction des travaux publics sont résumées sur le **tableau II.3 et la figure II.3**

Tableau II. 3. Données de trafic

Le trafic à l'année 2019 TJMA2019	4243 v/j
Le taux d'accroissement annuel du trafic	$\tau = 4\%$
La vitesse de base sur le tracé	VB = 80km/h
Le pourcentage de poids lourds	Z 31%
L'année de mise en service sera en	2026
La durée de vie estimée de	20 ans



Figure II.3 : Synthèse du comptage réalisé en 2019 II.8.

1 Calcul de TJMA horizon :

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

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

TJMA_n : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'années. **τ** : taux d'accroissement du trafic (%)

Application :

- Trafic de l'année mise en service (2026) :

$$TJMA_{2026} = TJMA_{2019} * (1 + 0.04)^7$$

$$JMA_{2026} = 4243 * (1 + 0.04)^7 = 5583.48 \text{ v/}$$

$$TJMA_{2026} = 5583.48 \text{ v/j}$$

- **La durée de vie estimée est de 20ans :**

$$TJMA_{2046} = TJMA_{2026} * (1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2046} = 5583 * (1 + 0.04)^{20} = 12234.132 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2046} = 12234.132 \text{ v/j}$$

II.8.2 Calcul du trafic effectif

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de Type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P). **Le trafic effectif donné par la relation :**

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

Teff : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

P = 3 (coefficient d'équivalence pour les poids lourds il dépend de la nature de la route).

Z = 31%

Application :

$$T_{\text{eff}2026} = [(1 - 0.31) + 3 * 0.31] * 5583.498 = 9045.266 \text{ uvp /j}$$

$$T_{\text{eff}-2026} = 9045.266 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}2046} = [(1 - 0.31) + 3 * 0.31] * 12234.132 = 19819.234 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}-2046} = 19819.234 \text{ uvp/j}$$

II.8.3 Débit de point horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule :

$$Q = (1/n) * T_{\text{eff}}$$

Q : débit de pointe horaire uvp/h

1/n : coefficient de pointe horaire pris égal à 0.12, (en général n=8heures)

Teff : trafic effectif **Application :**

$$Q_{2026} = 0.12 * 9045.266 = 1130.658 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{2026} = 1130.658 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{2046} = 0.12 * 19819.293 = 2477.411 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{2046} = 2477.411 \text{ uvp /h}$$

II.8.4 Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{adm} = K1.K2.Cth$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Cth : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau II. 4 Valeurs du coefficient réducteur K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9-0.95

Tableau II. 5. Les valeurs du coefficient k2 Catégorie de la route

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

Tableau II. 6. Les capacités théoriques des routes

ROUTE	Capacité (uvp/h)
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200
Route à chaussées séparées	1500 à 1800

K1 : coefficient réducteur égale : 0.75

K2 : coefficient correcteur égale : 1.00 (pour E1 et C3)

Cth : 2000 U_{VP/H} pour des 2 voies cumules avec route à 2 voie **Application**

:

$$Q = 0.75 * 1.00 * 2000 = 1500 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}} = 1500 \text{ uvp/h}$$

II.8.5 Calcul le nombre de voies

. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq (Q_{\text{adm}}).$$

. Cas d'une chaussée unidirectionnelle : Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$N = S * Q / Q_{\text{adm}}$$

Tel que :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

Application :

$$N = (2/3) * (2477.411 / 1500) = 1.10 \text{ Donc}$$

la route est projetée en **2x2 voies**

II.8.6 Calcul de l'année de saturation de la voie :

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{\text{mise en service (2026)}}$$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 * 1500 = 6000 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n * Q_{2026}$$

$$= \ln(Q_{\text{saturation}} / Q_{2026}) / \ln(1 + \tau)$$

$$\frac{\ln\left(\frac{6000}{1130.658}\right)}{\ln(1 + 0.04)}$$

$$N = 42 \text{ ans}$$

Donc, l'année de saturation de la route est : 2026+42 = 2068



Chapitre III

Etude géométrique

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.1 tracé en plan

III.1.1 Introduction

En d'autres termes, le tracé en situation ou en plan, ou encore tracé horizontal représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace, ce plan est généralement une carte topographique ou un plan de situation où le relief du terrain est représenté par les courbes de niveau. En règle générale, il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes. Il est caractérisé par la vitesse de référence aussi appelée vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires de la route. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé des éléments supplémentaires comme les raccordements progressifs entre les alignements droits et les courbes.

III.1.2 Les règles à respecter pour le tracé en plan

- Appliquer les normes du B40 si possible.
 - S'inscrire dans le couloir choisi.
 - Utiliser de grands rayons si l'état du terrain le permet.
 - Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
 - Adapter au maximum le terrain naturel.
 - Se raccorder sur les réseaux routiers existants ; • Éviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
 - Appliquer les normes de l'ARP si possible.
 - Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- ### III.1.3 Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

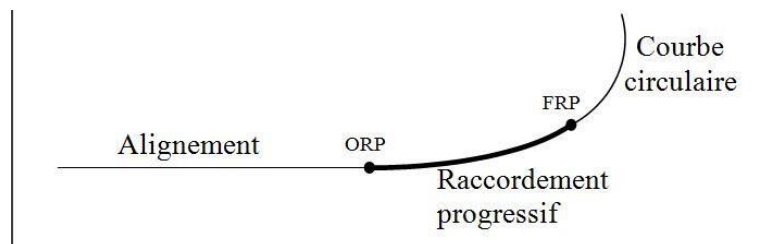


Figure III.1. Élément de tracé en plan

○ Les alignements :

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

• Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation. $L_{\min} = V \cdot t = 5 \cdot V$ avec V en (m/s).

$$L_{\min} = 111 \text{ m}$$

$$T = 5 \text{ sec}$$

V : vitesse de base en km/h.

• Longueur maximale :

Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant une minute à la vitesse V (m/s) :

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

$$L_{\max} = 1333 \text{ m}$$

$$T=60 \text{ sec}$$

V : vitesse de base en km/h.

○ Arcs de cercle :

Pour garantir une bonne stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimé par sa tangente Rdm : rayon au devers minimal en dessous duquel la courbe est déversée vers l'intérieur du virage avec une pente fonctions linéaire de 1/R, comprise entre 2,5 % et 7 %. Rnd : rayon non déversé en dessous duquel la courbe est nécessairement déversée vers l'intérieur du virage.

Les valeurs limites des rayons, qui traduisent principalement des objectifs de confort et de sécurité sont données sur le **tableau III.1.**

Tableau III. 1 : Valeurs des rayons et les dévers associés selon B40

Rayon(m)	Dévers associant (%)
Rm= 250	7
Rdm= 650	2.5
Rnd= 900	2.5

○ Courbes de raccordements

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité. Les courbes circulaires de rayon R inférieur à Rnd sont introduites par des raccordements progressifs, ceux-ci sont constitués par des arcs de clothoïde. La longueur minimale de raccordement : $L = \inf. (12 * R^{0.4}, 133)$

○ III.1.4 Rôle et nécessité des courbes de raccordements

L'emploi des courbes de liaison se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, visuellement et esthétiquement satisfaisant.
- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.

L'introduction des clothoïdes est faite en respectant les trois conditions : □

La condition de gauchissement.

□ La condition de confort optique.

□ La condition de confort dynamique.

Expression de la clothoïde :

La courbe est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L de la clothoïde.

$$K = C. k = \frac{1}{R} \quad L. R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

-

$A^2 = L.R$

Tapez une équation ici
On pose :
= A C

III.1.5 Types de courbe de raccordement

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous pouvons citer les trois courbes suivantes :

- * Parabole cubique
- * Lemniscate
- * Clothoïde

III.1.6 La conception du tracé en plan (Application au projet) :

La **Figure III.2** représente un extrait du tracé en plan de la variante retenue.

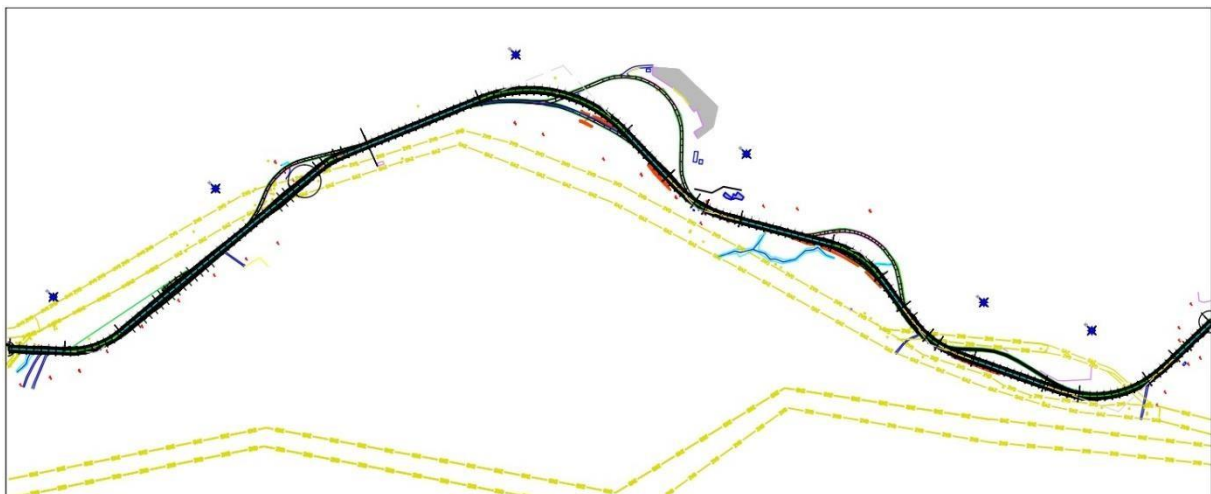


Figure III.2 : Tracé en plan de la variante retenue.

III.1.6.1 Analyse comparative des variantes du tracé et choix de la variante :

Plusieurs variantes du tracé en plan ont été étudié et le **Tableau III.2** comparatifs ont pour objectif d'évaluer ces variantes selon des critères géométriques, techniques et économiques, afin d'identifier la solution adéquate.

Tableau III.2 : Tableau comparatif des variantes de tracé routier.

	V1	V2	V3	V4	V5
Longueur total	5085.73	4801.36	5076.32	4804.38	4753.06
Longueur minimale en le virage	6.38	5.38	4.25	4.83	22.06
Rayon minimale en plan	178	198	140	200	240
Pourcentage des alignements	31%	37%	41%	40%	44%
Pourcentage des courbes	69%	63%	59%	60%	56%
Volume de remblai	11732	70608	10638	63957	101003
Volume de déblai	54983	143818	56962	39741	12436

III.1.6.2 Grille d'évaluation :

Sur le **Tableau III.3**, on constate que **la variante 5** se distingue comme la solution la plus cohérente et la plus satisfaisante parce qu'elle offre un compromis optimal entre plusieurs exigences essentielles.

Tableau III.3 : Grille d'évaluation.

Critères	V1	V2	V3	V4	V5
Longueur linéaire	+	+	+	+	+
Longueur minimale en virage	-	-	-	-	+

Rayon minimal en plan	-	-	-	-	+
Pourcentage des alignements	/	/	/	/	/
Pourcentage des courbes	/	/	/	/	/
Volume de remblai	+	-	+	-	-
Volume de déblai	-	+	-	+	+
Total	2	2	2	2	4

III.2 Profil en long

III.2.1 Introduction

Le profil en long est composé d'éléments droits caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon. Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques du profil en long à respecter suivant le guide de conception sont résumés ci-après :

III.2.2 Règles à respecter dans la trace du profil en long

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projetée retenue n'est pas arbitraire, mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions, il y a lieu de citer :

- Rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
 - De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
 - D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance □ D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
 - D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- ### III.2.3 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long

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

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

III.2.4 Déclivité

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

○ Déclivité minimale :

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1% si possible.

$I_{min} = 0,5 \%$ dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profond.

$I_{min} = 0,5 \%$ dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

○ Déclivité maximale :

La déclivité maximale est admise particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

La déclivité maximale dépend aussi de la vitesse de référence selon B40, **tableau III4** :

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

Tableau III4 : Déclivité maximale en fonction de la vitesse de référence.

VR Km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

III.2.5 Raccordements en profil en long

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

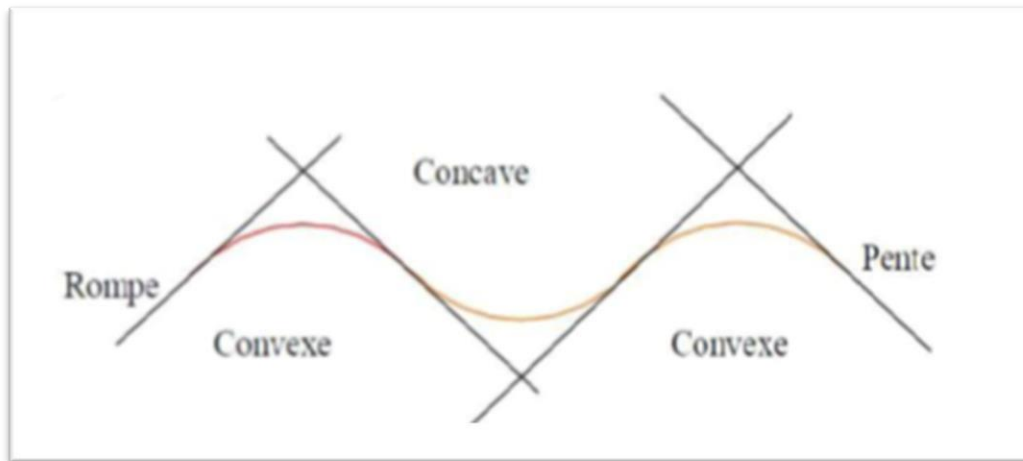


Figure III.3. Raccordements en Profil en long

III.2.6 Caractéristiques des rayons en long

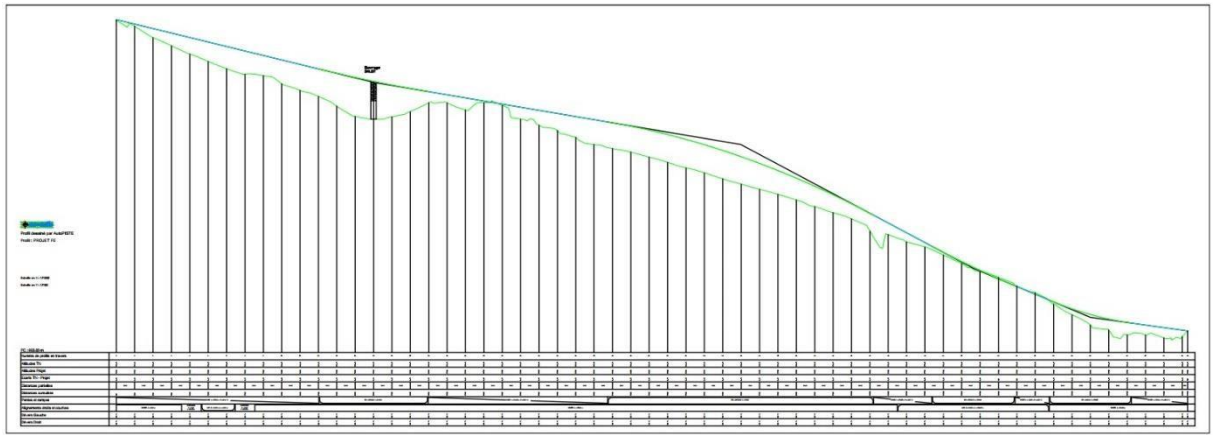
Pour notre cas on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge qui sont données selon le B40 par le tableau III.5.

Tableau III.5 : Paramètres géométriques du profil en long

Catégorie C3		
Environnement E1		
Vitesses de référence : $V_R = 80 \text{ Km/h}$		
Rayon en angle saillant RV	RVm1 (minimal absolu) en m	2000
	RVn1 (minimal normal) en m	4500
Rayon en angle rentrant R'V	R'Vm (minimal absolu) en m	1600
	R'Vn (minimal normal) en m	2400

III.2.6 Conception du profil en long

Dans notre étude le profil en long de la variante retenue a été réalisé à l'aide du logiciel Autopiste 13, sur la **Figure III.4** on représente un extrait du profil adopté.



- **Bande dérasée**

Bande adjacente à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non débarrassée de tout obstacle, elle inclut le marquage en rive.

- **Berme**

Partie latérale non praticable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

- **B.A.U**

Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour autoriser l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la Sur largeur structurelle de la chaussée.

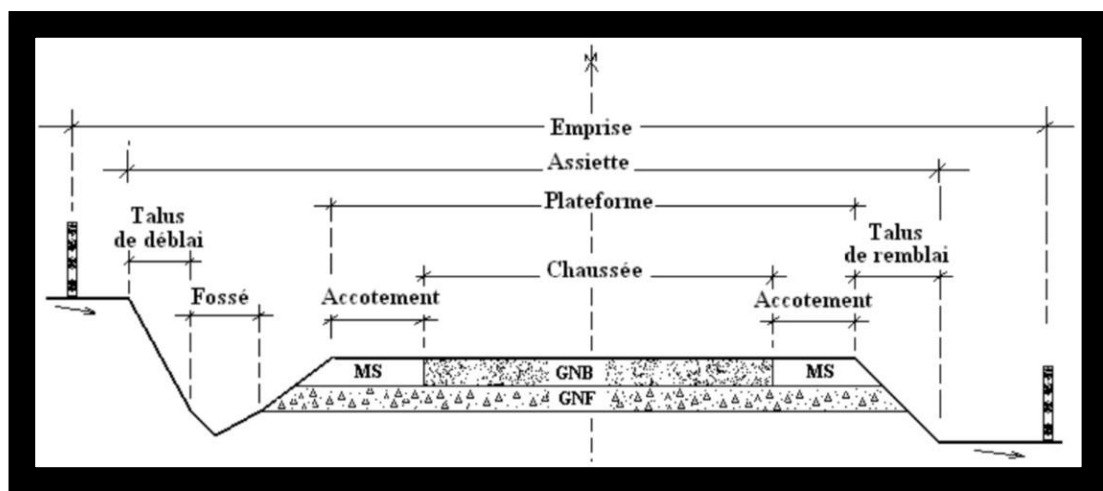


Figure III.5 : Eléments du profil en travers type

III.3. Différent type de profils en travers II

existe deux types de profil en travers :

- **Profil en travers type courant**

Distances régulières (10, 15, 25 m). Qui servent à estimer les cubatures.

- **Le profil en travers type :**

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il comprend tous les éléments constructifs de la future voie, dans toutes les situations, remblais, déblais et mixte, **figure III.6**.

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

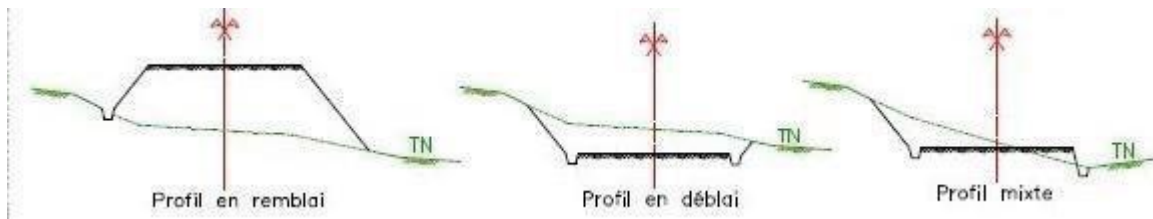


Figure III.6 : Différents types de profil en travers

III.4. Profil en travers type du projet

Pour notre cas on distingue deux profils en travers type représentés sur la **figure III.7 :**

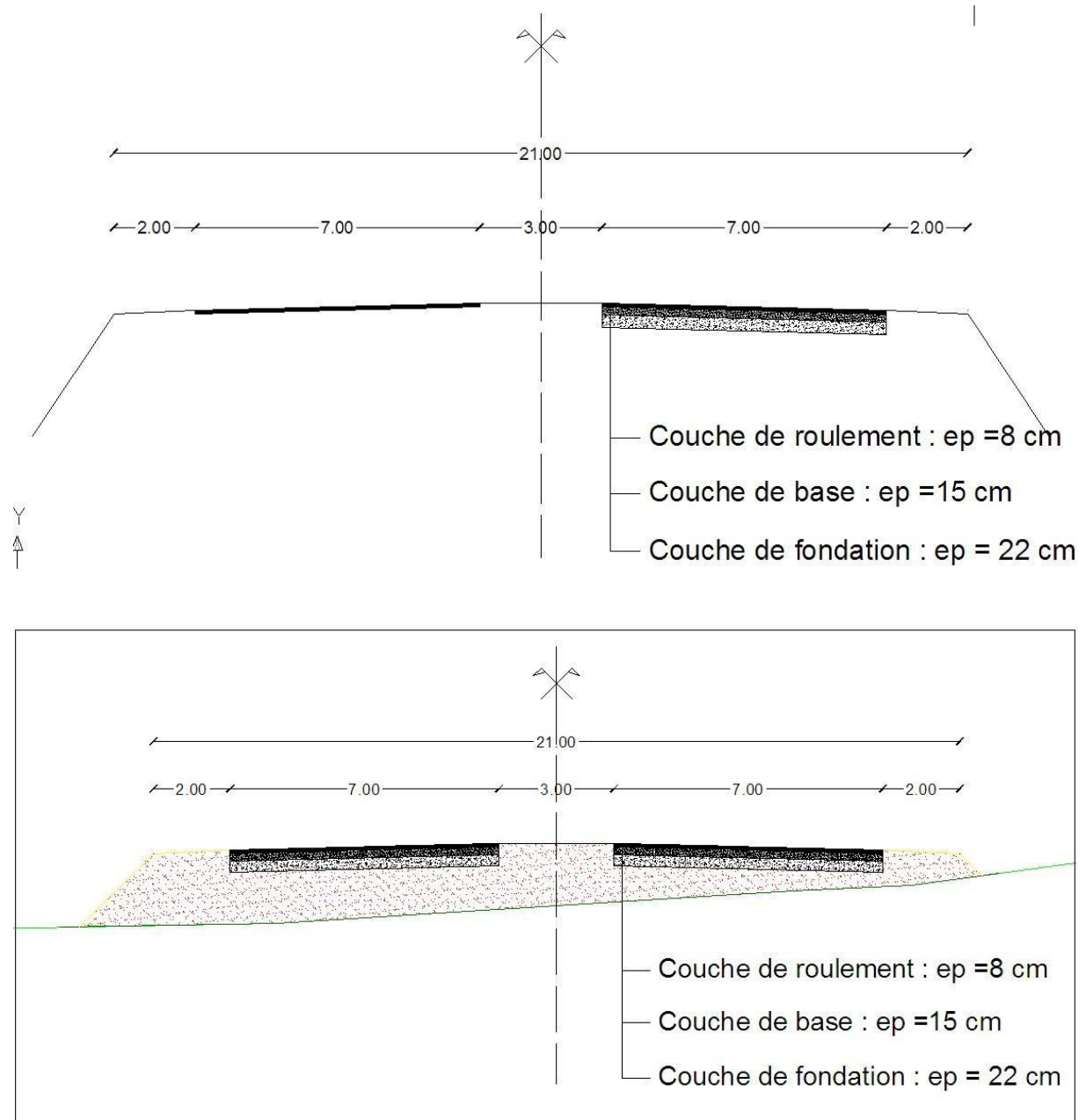
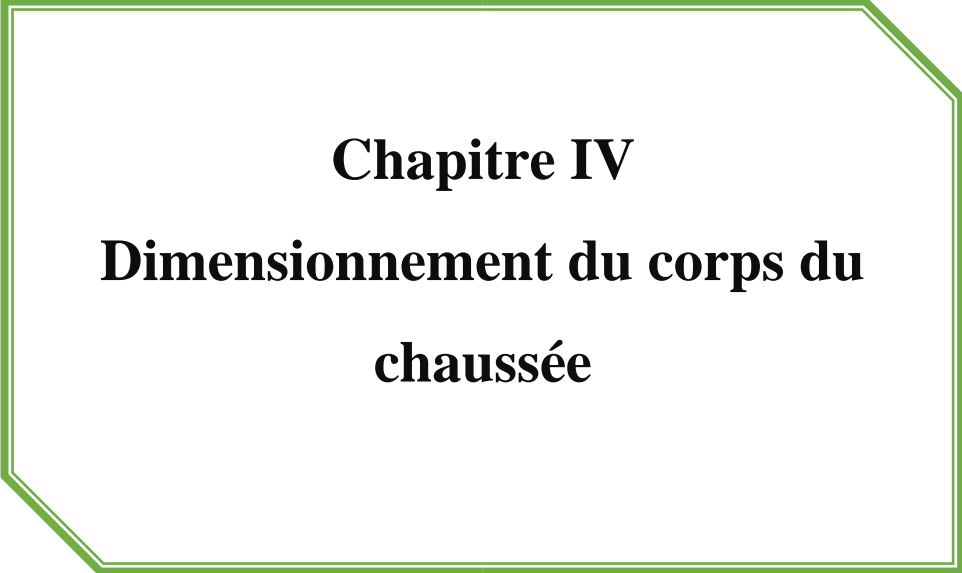


Figure III.7 : Profils en travers types coté dédoublement et évitement



Chapitre IV
Dimensionnement du corps du
chaussée

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE IV.1.

Introduction

Depuis toujours, le dimensionnement d'une chaussée vise à déterminer la nature et l'épaisseur des différentes couches qui la composent, afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions, notamment le passage répétitif des véhicules, auxquelles elle sera exposée tout au long de sa « durée de vie ». Ainsi, l'évolution des chaussées a toujours été étroitement liée aux avancées des moyens de transport routier. La qualité de la construction des chaussées joue un rôle essentiel à cet égard. Elle repose tout d'abord sur une analyse approfondie du sol support et sur un choix adéquat des matériaux à utiliser. Par ailleurs, il est crucial que la mise en œuvre de ces matériaux respecte scrupuleusement les spécifications.

IV.2. Définition de la chaussée

IV.2.1. Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

IV.2.2. Au sens structurel : Une chaussée est une structure multicouche constituée par l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise des charges.

Le rôle principal de la chaussée est de résister aux effets nocifs qu'ils soient agents atmosphériques, déformation du sol support et ceux liées à la circulation. A cette fin deux types de chaussées de caractéristiques distinctes sont le plus utilisés sur l'ensemble du réseau mondial.

- **Chaussée rigide**

Une chaussée rigide est constituée par un ensemble de dalle en béton hydraulique (généralement du béton de ciment) fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le sol support et la bonne tenue à la fatigue. Par conséquent, son revêtement ne requière pas de fondation épaisse, dans ce cas, son rôle se limite à empêcher les remontées de sol entre les dalles.

- **Chaussée souple**

Une chaussée souple est constituée par des couches superposées de matériaux offrant de bonnes qualités mécaniques. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que celles inférieures.

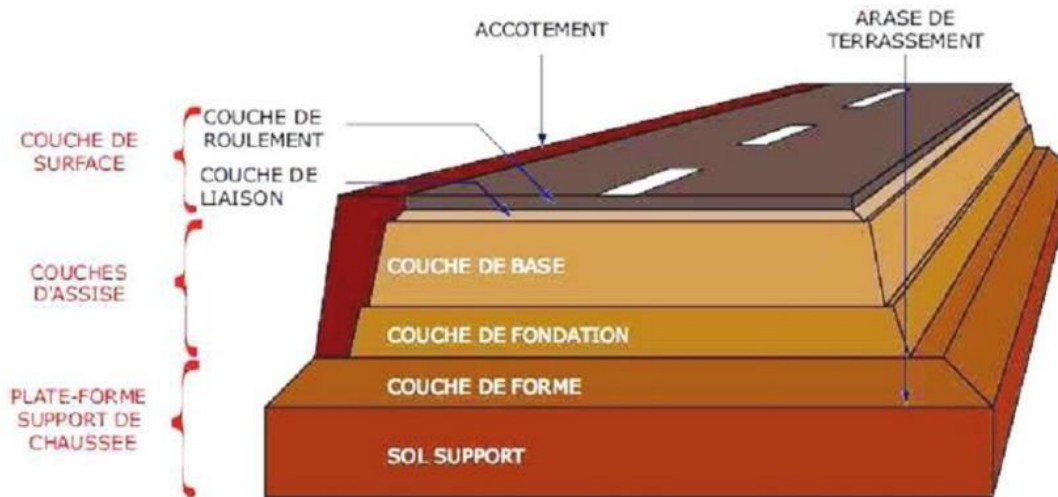


Figure IV.1 : Coupe type d'une chaussée souple

IV.3. Rôle des différentes couches d'une chaussée souple

IV.3.1. Couche de surface

C'est la dernière couche de la chaussée en partant du bas vers le haut et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- D'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation et de transmettre les charges verticales à la base.
- D'imperméabiliser la surface de chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

IV.3.2. Couche de base

Elle joue un rôle essentiel, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet du trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartie les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

Pour cela, les granulats sélectionnés et la qualité du liant (bitume) utilisé doivent être suffisamment durs pour résister à l'écrasement pour donner une couche de base rigide stable et uniforme.

IV.3.3. Couche de fondation

En complément des matériaux non traités, elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic, assure une bonne portance du sol support et reprend une partie des charges supérieures. (Les couches de fondation et de base constituent le corps de chaussée ou assise).

IV.3.4. Couche de forme

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme qui sont pour :

- Un Sol rocheux : joue un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

- Un Sol peu portant :(argileux à teneur en eau élevée), elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantiers de circuler librement.

IV.4. Méthodes de dimensionnement des chaussées

La réalisation des différents types de chaussées passe d'abord par un dimensionnement adéquat. Il faut commencer par l'étude du sol pour déterminer l'épaisseur du corps de chaussée. On distingue deux grandes familles à savoir

- Les méthodes empiriques qui établissent des relations entre la durée de vie et les propriétés mécaniques des matériaux.
- L'approche théorique ou rationnelle qui établit un modèle représentant le mieux possible le comportement mécanique du corps de chaussée basée sur la rhéologie du matériau.

Pour cela on va s'intéresser aux méthodes empiriques les plus utilisées qui sont basées sur :

- La détermination de l'indice portant de sol.
- Appréciation de trafic composite.
- Utilisation des abaques ou des formules pour déterminer l'épaisseur de la chaussée.

IV.4.1 Méthode A.A.S.H.O

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.

IV.4.2 Méthode asphalte in-situ

Elle se base sur les résultats obtenus des essais A.A.S.H.O, elle prend en considération le trafic composite par échelle de facteurs d'équivalence et utilise un indice de structure qui est déterminé à partir de l'abaque de l'asphalte in situ.

IV.4.3 Méthode CBR (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol une épaisseur d'eau moins de 15cm. La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p}) * (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

e : épaisseur équivalente

I_{CBR} : indice CBR (sol support).

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

P : charge de demi-essieux de référence P = 6.5 t (essieu 13 t)

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante

$e = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$ $a_1 * e_1$: couche de roulement a_2

$* e_2$: couche de base $a_3 * e_3$: couche de fondation

Où : c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence donnés par le **tableau IV.1** $e_1,$

e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau.IV.1. Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.50
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.7 à 0.8

IV.4.4 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

La démarche du catalogue est bien illustrée dans la figure IV.2.

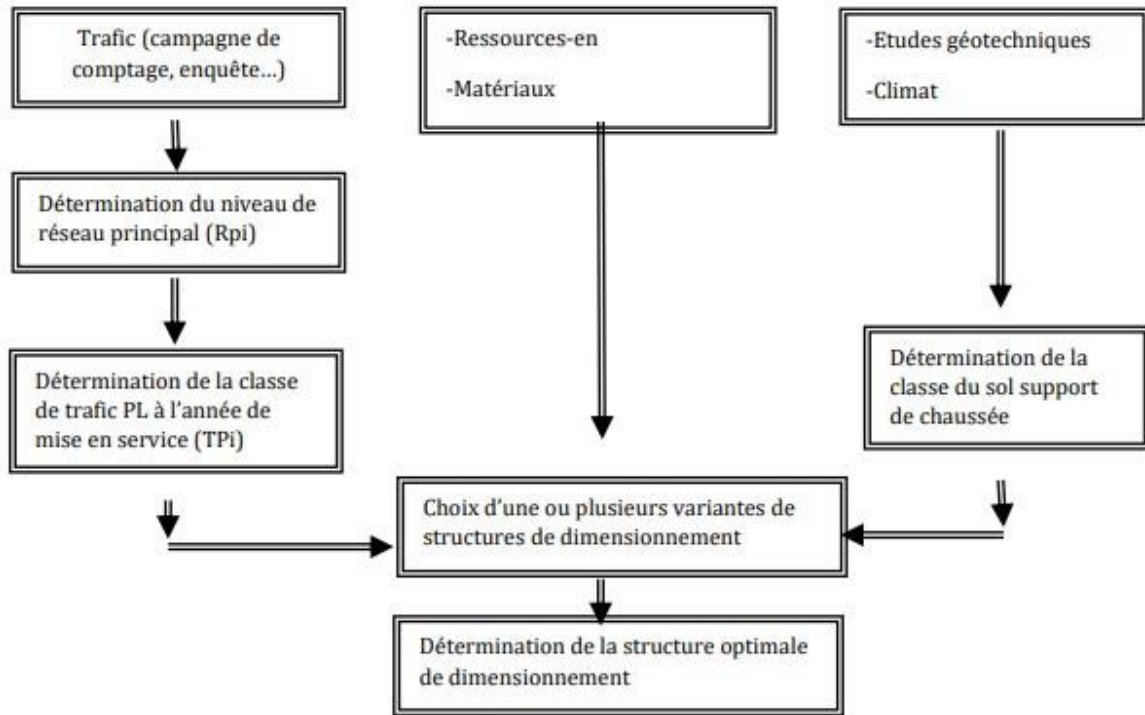


Figure IV.2. Organigramme de la démarche du catalogue (CTTP)

IV.6.2. Application au projet

Pour le dimensionnement du corps de chaussée nous avons utilisé la méthode CBR.

TJMA2019 = 4243 v/j avec un poids lourd = 31%

$T_0 = (TJMA\ 2019 \times \% \text{ pl})$

$T_0 = (4243 \times 0.31) = 1315 \text{ pl/j/sens.}$

$T_1 = (1 + \square) 7 \times T_0$

$T_1 = (1 + 0.04) 7 \times 1315 = 1730 \text{ pl/j/sens}$

$T_n = (1 + \square) n \times T_1$

$T_n = (1 + 0.04) 20 \times 1730 = 3791 \text{ pl/j/sens}$

$I_{CBR} = 5.08$ selon le rapport géotechnique

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p}) * (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{cbr} + 5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) * (75 + 50 \log \frac{3791}{10})}{5.08 + 5} = 61 \text{ cm}$$

Ce qui donne une épaisseur réelle de 45 cm, **tableau IV.2 et figure IV.3.**

Tableau IV.2. Epaisseur du corps de chaussée.

Couches	Nature de matière	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalente (Cm)

Couche de roulement	BB	8	2	16
Couche de base	GB	15	1.5	22.5
Couche de fondation	GNT	22	1	22
TOTAL		45		60.5

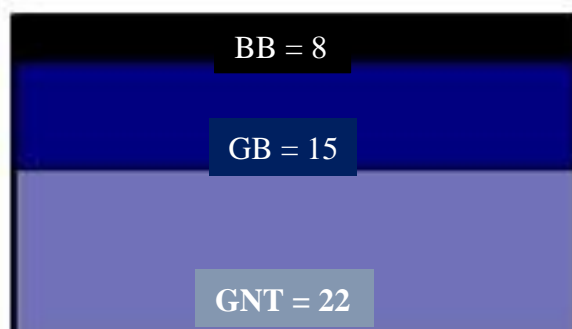
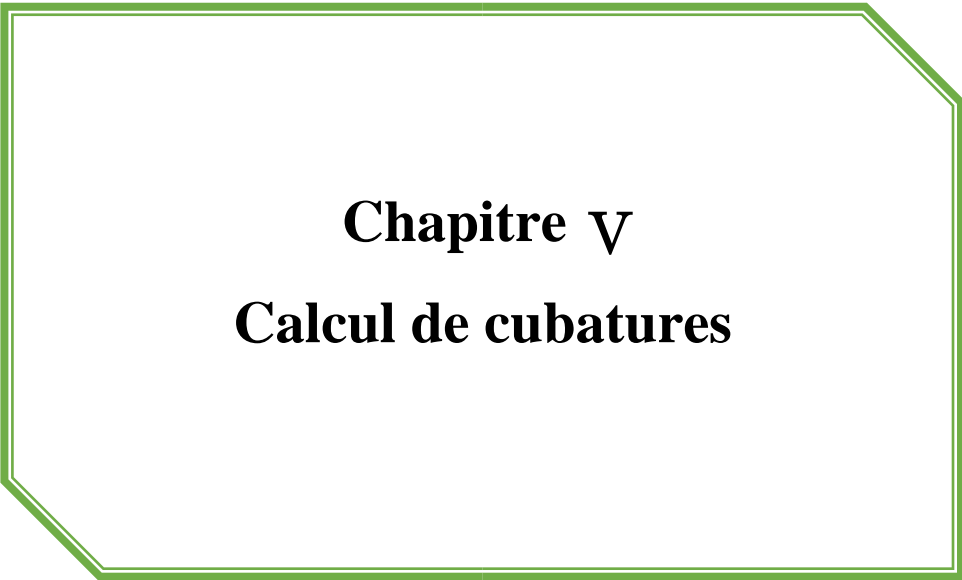


Figure IV.3 : Différentes épaisseurs du corps de chaussée



Chapitre V
Calcul de cubatures

CHAPITRE V : CALCUL DE CUBATURES

V.1. Introduction

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont pour but essentiel de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages de manière générale.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment observées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième consiste à enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

V.2. Définition

V.2.1 Cubatures

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprochée et sous-jacente à la ligne rouge de notre projet.

Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente. **V.2.2 Terrassements**

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de construire des ouvrages, aménager des routes et établir des branchements d'égout et de canalisations (assainissements des routes).

Déblais : Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour dégager des terres.

Remblais : Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour combler des cavités (comblent une tranchée, aplanir un terrain...etc.).

Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de 20cm environ. Cette opération consiste à répartir sur la longueur totale du tracé de la ligne, les volumes de terre nécessaires à la réalisation de la route. En déblais, la terre est enlevée. En remblai, la terre est ajoutée.

V.2.3 Classification des terrassements

Ils peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Terrassements à grands volumes (routes, voies ferrées, barrages...).

□ Terrassements à quantités faibles de terre (fouilles d'ouvrages, canalisations, tranchées...). Ce qui est important à savoir ce sont les propriétés physiques des matériaux :

□ Résistance à la pénétration.

□ Masse spécifique

V.2.4 Classification des terrains

La résistance à la pénétration permet de préciser les possibilités d'extraction d'où trois types de terrain

□ Sol meuble.

□ Sol meuble rocheux.

□ Sol rocheux

V.2.5 Cubatures des terrassements

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

□ Les profils en long

□ Les profils en travers

□ Les distances entre les profils.

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'ils représentent.

V.3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES

Le calcul des cubatures est généralement difficile et compliqué mais il existe plusieurs méthodes qui le simplifient ;

V.3.1 Méthode de la moyenne des aires :

Cette méthode consiste à calculer individuellement les volumes des segments situés entre deux profils en travers consécutifs, en appliquant la formule des trois niveaux, également connue sous le nom de formule du prismoïde, **figure V.1**.

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

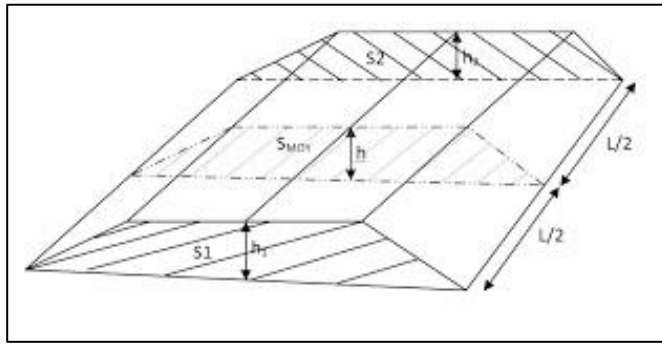


Figure V.1 : Formule des trois niveaux.

Avec :

h : hauteur entre deux profils.

S₁ ,S₂ : surfaces des deux profils.

S₀ : surface limitée à mi- distances des profils.

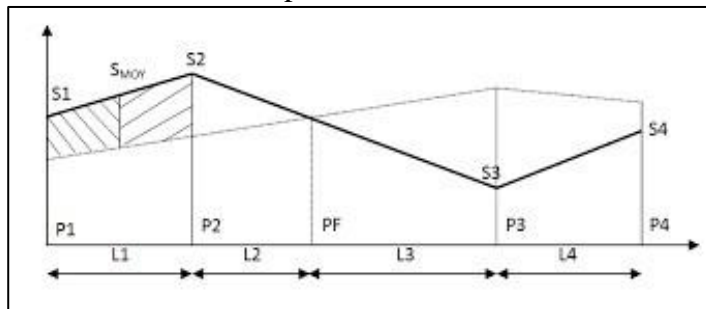


Figure V.2 : Profil adopté pour tracé en long.

Avec :

S_i : Surface de profil en travers P_i.

P_F : Profil fictive, surface nulle.

L_i : Distance entre ces deux profils.

S_{moy} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

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

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

Pour éviter les calculs, on simplifie cette formule en considérant que : **S_{moy}** = $\frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Ce qui donne :

$$V_1 = L_1 \times \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right)$$

Entre P₁ et P₂ → **V₁** = L₂ × (S₁+ S₂)

Entre P2 et Pf → $V_2 = L_2^2 \times (S_2 + 0)$

Entre Pf et P3 → $V_3 = L_2^3 \times (0 + S_3)$

Entre P3 et P4 → $V_4 = L_2^4 \times (S_3 + S_4)$

Le volume total des terrassements :

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

V.3.2 Méthode classique :

Dans cette méthode, deux sous-approches de calcul se distinguent. La première, appelée méthode de GULDEN, consiste à multiplier les quantités des profils par la longueur d'application au niveau du centre de gravité, tout en prenant en compte la courbure au droit du profil.

En revanche, la méthode classique multiplie les quantités des profils par la longueur d'application à l'axe, sans tenir compte de la courbure. **V.3.2.1 Méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont déterminées de manière classique, tandis que la distance du barycentre de chaque valeur par rapport à l'axe est évaluée, les volumes et les surfaces sont ensuite obtenus en multipliant ces valeurs par le déplacement du barycentre, en tenant compte de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée, **Figure V.3. V.3.2.2 Méthode linéaire :**

C'est la méthode classique, les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces.

Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan, **Figure V.3.**

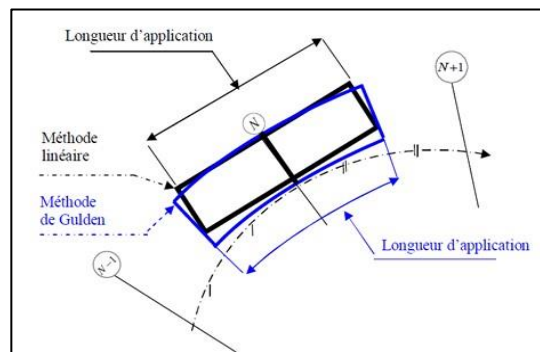


Figure V.3 : Méthode de GULDEN et méthode linéaire.

V.4 Application au projet :

Pour notre projet le calcul de cubature a été réalisé avec le logiciel Autopiste 13.

Tableau V.1 : Tableau récapitulatif de cubatures.

Déblais (m³)	Remblais (m³)
12436	101003



Chapitre VI
Ouvrages d'assainissement

CHAPITRE VI : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

VI.1 Introduction

L'assainissement routier joue un rôle crucial dans la conception, la réalisation et l'exploitation des infrastructures routières. Ce processus englobe le rétablissement des écoulements naturels, l'entretien des plates-formes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution routière. L'eau est l'ennemi principal de la route, générant de nombreux problèmes complexes sur la chaussée et mettant en danger la sécurité des usagers. Elle peut entraîner des glissades, des inondations, une réduction de la visibilité et la projection de gravillons due à la détérioration des couches des surfaces. De plus, elle affecte la durabilité de la chaussée en réduisant la capacité portante des sols de fondation. Les types de dégradations causées par les eaux sont les suivants :

- **Pour les chaussés**
 - Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées)
 - Des enrobages
 - Nid de poule
 - Décollement des bords
- **Pour les talus**
 - Glissement
 - Erosion
 - Affouillements de pied de talus

VI2 Objectif de l'assainissement

L'assainissement des infrastructures routières est tenu de répondre aux objectifs suivants : - Garantir une évacuation rapide des eaux de pluie et de ruissellement directement sur la surface de la chaussée, afin d'éviter les risques d'aquaplanage. - Maintenir des conditions de viabilités optimales

- Minorer les dépenses liées à l'entretien - Prévenir les problématiques d'érosion.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers la structure de la chaussée. Ce qui est essentiel pour éviter le ramollissement de substrat ainsi que les effets délétères du gel. - facilite le drainage des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plateforme, pour prévenir la diminution de sa capacité portante et les effets du gel.

VI3 Ouvrages d'assainissement de la chaussée :

Ce sont l'ensemble des techniques et ouvrages destinés à évacuer efficacement les eaux (pluie, ruissellement, nappes)

VI3.1 Assainissement de la chaussée

La détermination de la capacité des ouvrages tels que les dalots, ponceaux et ponts est intrinsèquement liée au débit de crue, lequel est calculé selon des critères similaires. Les structures les plus fréquemment employées pour évacuer les faibles débits sous la chaussée sont les dalots et les buses de section circulaire.

Lorsque la hauteur de remblai est insuffisante, il est recommandé de construire un dalot dont la dalle est fabriquée en béton armé. Parmi les ouvrages dédiés à l'écoulement des eaux, on distingue principalement deux catégories :

- Les dispositifs de canalisation longitudinaux, tels que les fosses, cuvettes et caniveaux
- Les ouvrages transversaux et de raccordement, y compris les regards, descentes d'eau, têtes de collecteurs et dalots

Les infrastructures d'assainissement doivent être conçues pour garantir l'assainissement de la chaussée et l'emprise routière, en optimisant les conditions tout en minimisant les coûts.

VI3.2 Fosse de pied de talus de déblai

Les fosses situées au pied du talus de déblai sont conçues pour assurer le drainage de la plateforme ainsi que des talus vers les points d'évacuation. Ces structures de drainage présentant une section trapézoïdale et réalisées initialement en terre, feront l'objet d'un revêtement en béton dès lors que l'inclinaison du profil en long excédera 3 %. **VI3.3 Fosse de crête de déblai**

Ce type de fosse est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme. **VI3.4 Fosse de pied de talus de remblai**

VI3.4 Fosse de pied de talus de remblai

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes :

- Diriger les eaux provenant de la plateforme vers un point de sortie lorsque les débits sont trop élevés pour être évacués librement sans causer de dommages ou de nuisances aux riverains.
- Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruissellement sur le terrain naturel vers le remblai. **VI3.5 Les Regards**

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

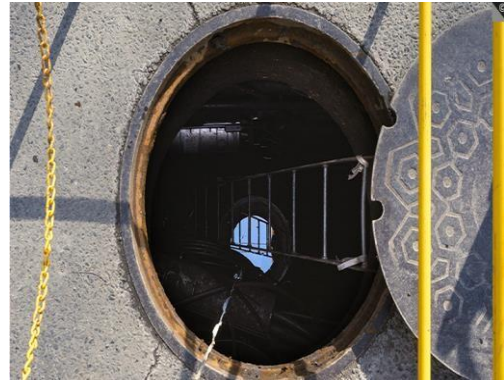


Figure VI1 : Les regards

VI3.6 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. **VI3.7 Bassin versant**

Il s'agit d'une région géographique délimitée par les sommets des crêtes ou par les lignes où les pentes se rejoignent vers le haut. C'est l'ensemble de la surface qui peut naturellement fournir de l'eau pluviale à un système de canalisation en un point donné. **VI3.8 Les dalots**

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés.

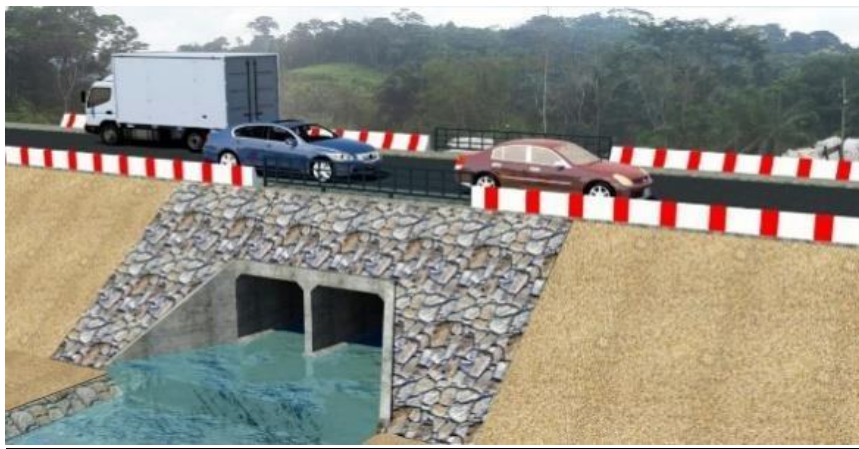


Figure VI2 : Un Dalot

VI3.9 Les Buses

Élément de conduite qui assure l'écoulement et l'évacuation d'eaux sous une route, une voie ferrée ou une autre structure, Les buses sont de forme circulaire, en béton armé ou en métal. Le choix entre ces deux types dépend des critères économiques liés à la possibilité de fabrication locale ou non



Figure VI3 une ouvrage buse

Pour notre projet il s'agit d'un prolongement d'ouvrages existants et d'une réalisation d'un dalot en béton armé au PK :

Tableau VI.1 : Emplacement des ouvrages existants.

Situation des ouvrages (PK)	Type d'ouvrage
PK 0 + 162⁵	Ouvrage buse
PK 0 + 613¹⁷	Ouvrage buse
PK 1 + 038⁸	Ouvrage buse
PK 1 + 523⁶	Ouvrage buse
PK 1+ 701	Ouvrage buse
PK 1+ 888¹⁹	Ouvrage buse
PK 2 + 007¹⁹	Ouvrage buse
PK 2 + 701	Ouvrage dalot
PK 2 + 807	Ouvrage buse
PK 3 + 382	Ouvrage buse



Chapitre VII
Signalisation routière

CHAPITRE VII: SIGNALISATION ROUTIERE

VII1 Introduction

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements. Elle comprend deux grands ensembles: la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol et des plots. **VII.2 L'objectif de la signalisation routière** La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûr la circulation routière ;
- De faciliter cette circulation;
- Rappeler certain prescription du code de la route ;
- De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

VII3 Règles a respecté pour la signalisation routière

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation ;
- Cohérence avec les règles de circulation ;
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale ;
- Simplicité qui s'obtient en évitant un surplus de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

VII4 Principe de la signalisation routière

La symbolique de la signalisation est largement uniformisée, selon des normes propres à chaque pays mais qui tiennent compte de conventions internationales. Par exemple le bleu signifie l'obligation, le rouge l'interdiction, le jaune est associé au danger et l'orange aux travaux routiers.

Dans certains cas, l'automobiliste est toutefois appelé à fournir un effort d'interprétation en fonction du contexte. Par exemple, la silhouette d'un camion signifie généralement que la signalisation concerne spécifiquement les camions mais, à l'occasion, elle s'applique aussi à tout véhicule circulant lentement. En d'autre cas, heureusement très rares, le symbole est abstrait et l'on ne peut le comprendre que si l'on en a appris le sens. Par exemple, il faut savoir

qu'un carré noir incliné à 45 représente un transporteur de matières dangereuses. En somme, tout est fait pour faciliter la reconnaissance et la compréhension instantanée de la signalisation mais l'automobiliste ne peut échapper entièrement à la nécessité d'étudier le système.

VII .5 Type de la signalisation routière On

distingue deux types de signalisation routière :

La signalisation routière verticale : qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.

La signalisation routière horizontale : est l'ensemble des marques sur chaussée utilisées pour assurer le guidage des usagers, matérialiser ou rappeler les règles de circulation, indiquer la présence de dangers et ordonner et concrétiser les espaces de déplacement ou de stationnement.

VII.5.1 La signalisation verticale

La signalisation verticale est l'ensemble des signes dressés en hauteur le long de la route : panneaux, panonceaux, balises et bornes.

La signalisation est placée sur les routes afin qu'elle soit visible, lisible et cohérente. Soyez attentif à tous les panneaux présents sur la route. Selon les saisons, ils peuvent être masqués par l'environnement : arbres, forêts, buissons, neige etc.

La forme, la couleur et les symboles des panneaux :

Pour comprendre le sens des panneaux, il faut d'abord remarquer leurs formes :

Panneaux triangulaires : danger ;

Panneaux ronds : interdiction ou obligation ;

Panneaux carrés : indication ;

Panneaux rectangulaires : localisation, ou direction (panneaux rectangulaires avec flèche. La couleur joue aussi un rôle fondamental dans la lecture des panneaux et généralement signifiée.

Le rouge : signale un risque ou un danger avéré ;

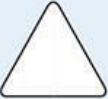
















Le blanc : annonce le caractère permanent d'un panneau (ou une localisation) ;

Le jaune : à une valeur temporaire ;

Le bleu foncé : est utilisé lorsque l'information est une obligation ou une indication ; **Le vert** indique : la direction d'une grande ville.

Ce tableau ci-dessous récapitulatif vous montre comment s'articulent les formes et les couleurs des panneaux :

Tableau IV.1 : Tableau de classification des panneaux du Code de la route.

Formes	Couleurs	Application
 Danger	 Permanent  Temporaire	Ralentir  à 50 m (environ)  à 150 m (environ)
 Prescription	 Interdiction  Fin  Obligation  Fin	À partir du panneau (en général)
 Indication	 d'installation  pour la conduite	Simple information avec parfois un comportement précis de prudence
 Direction	 entre grandes villes  vers l'autoroute  locale	Suivre la direction choisie

IV.5.1.1 Les panneaux de danger

Le panneau de danger annonce un risque sa forme est triangulaire, il est généralement blanc bordé de rouge (ou jaune lorsqu'il est temporaire).

Ce panneaux signale soit un danger certain (virages, feux tricolores) ou un danger éventuel (animaux, chutes de pierres)

Ce type de panneau est positionné à 50 mètres du risque en agglomération et à 150 mètres hors agglomération.

Si ce n'est pas le cas, des panonceaux de distance complémentaires situés sous le panneau de danger vous renseignent de la distance réelle du danger. **Figure VII 1.**

Le panneau peut aussi préciser une étendue, c'est-à-dire une distance tout au long de laquelle le danger sera présent. Dans ce cas, le danger sera situé à la distance normale du panneau (à 150 m hors agglomération, 50 m en ville) : il ne faut pas confondre le panonceau d'étendue et le panonceau de distance, **Figure VII2.**



Figure VII 1 : Virage à droite dans 500m.
une distance de 4.5m.



Figure VII2 : Succession un virage à droite sur

Notez néanmoins une exception : le panneau de danger "Circulation dans les deux sens" , Figure VII3, est situé au niveau de la mise en place des deux sens de circulation.



Figure VII3 : Circulation dans les deux sens.

IV.5.1.2 Les panneaux d'interdiction

Les panneaux d'interdiction sont de forme ronde, à fond blanc et bordés de rouge.

Ils peuvent limiter une vitesse, interdire une manœuvre ou l'accès d'une route à une certaine catégorie d'usagers, les vélos par exemple, ou les bus, **Figure VII4**.

La seule exception est le panneau de sens interdit qui est à fond rouge, **Figure VII5**,



Figure VII4 : Interdiction de passage de bus.



Figure VII5 : .Panneaux de sens-interdit.

Les **fins d'interdiction** sont parfois signifiées par des panneaux.

Ils sont blancs bordés de noir et barrés d'un trait noir, **Figure VII6**.



Figure VII6 : Panneau indique que la vitesse n'est plus limitée à 90 km/h

VII.5.1.3 Panneaux d'obligation

Les panneaux d'obligation sont de forme ronde et de couleur bleue. Ils prennent effet à hauteur du panneau et cessent à la prochaine intersection ou au prochain panneau de fin d'obligation.

Ils peuvent indiquer :

- **Des directions obligatoires** : obligation de tourner à droite ou un contournement obligatoire par la droite dans l'exemple ci-contre, **Figure VII8**.



Figure VII7 : Panneau d'obligation de tourner à droite



Figure VII8 : Panneau de contournement obligatoire à droite.

- **Fin d'obligation** sont les mêmes mais barrés d'un trait rouge, **Figure VII9**.



Figure VII9 : Panneau fin d'obligation.

IV.5.1.3 Panneau d'indication

Les panneaux d'indication sont de forme carrée à fond bleu concernant la conduite. Ils donnent des indications utiles au conducteur, **Figure VII10 et 11** :



Figure VII10 : Une route à sens unique.



Figure VII11 : Un passage piéton.

VII5.1.4. Panneau de direction

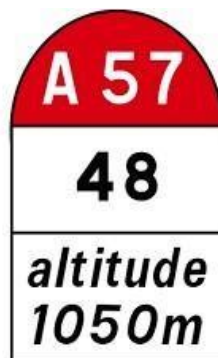
Le conducteur se sert des panneaux de direction pour se diriger sur les routes. Ils sont souvent présents aux intersections pour indiquer les noms des villes reliées par les routes ainsi que les kilométrages restants jusqu'à destination.



Figure VII12 : Panneau d'entrée et sortie d'autoroute.

VII5.1.5 Bornes de signalisation

Les bornes de localisation indiquent aux usagers leur position exacte sur le réseau routier. Implantées sur l'accotement de la chaussée, les bornes forment des sortes de blocs rectangulaires recouverts d'un enduit blanc. Leur sommet est recouvert d'une zone rouge si elles se situent sur une route nationale, ou jaune si elles se situent sur une départementale. Elles comportent toutes un numéro d'identification, ainsi qu'un chiffre ordonné qui permet aux conducteurs de se repérer facilement sur la chaussée. Les bornes sont ainsi particulièrement utiles en cas de panne ou d'accident de la route pour signaler son emplacement aux autorités.



Figure

VII13 : Bornes kilométrique.

VII5.1.6 Les balises de signalisation

Alors que les bornes précisent la situation géographique de l'usager sur la chaussée, les balises de signalisation indiquent une zone de danger. Elles sont toujours positionnées en amont de la zone pour que l'usager puisse adapter son comportement. Il en existe différents types en fonction de la nature du danger à l'approche. Ainsi, balises de virage, d'obstacle, de guidage ou encore d'alignement revêtent des caractéristiques propres. **VII5.1.6.1 Balise de virage**

Parmi les balises de signalisation récurrentes on retrouve les **balises de virage**. Disposées aux abords d'un virage dangereux, elles viennent souligner la forme du virage pour aider les conducteurs dans leur manœuvre en leur apportant un soutien visuel. De formes et de couleurs variées, elles sont implantées sur l'accotement d'un virage par les services de voirie. La plupart sont munies d'une peinture rétro réfléchissante pour être également visibles la nuit grâce à la lumière des phares, **Figure VII14**.



Figure VII14 : Balise de virage.

VII.5.1.6.2 Balise d'obstacle

Intervenant en amont sur la chaussée, les [balises d'obstacle](#) avertissent les usagers de la présence d'un obstacle sur leurs parcours. Ainsi, lorsque la chaussée est large de moins de 7 mètres alors les obstacles, tels que pont ou abri, sont signalés au moyen d'une balise d'obstacle. Elles sont également répandues pour signaler un passage à niveau ou un ouvrage d'art.

Facilement reconnaissable par sa couleur bleue et blanche, la balise d'obstacle mesure 1,20 mètres et son sommet est à pan coupé, **Figure VII15**.



Figure VII15 : Balise d'obstacle.

VII.5.1.6.3 Balise de guidage

Temporaires ou permanentes, les balises de guidage viennent renforcer la signalisation horizontale afin de limiter les accidents de la route. Il en existe 3 variétés :

La balise de guidage blanche : permanente, cette balise vient renforcer le marquage au sol ou signaler un obstacle.

La balise de guidage verte : permanente, cette balise signale la présence de voies divergentes. On peut également les retrouver sur les autoroutes.

La balise de guidage jaune : temporaire, cette balise signale et délimite une zone de travaux.



Figure VII 16 : Balise de guidage (jaune, blanche et verte).

VII.5.1.6.4 Balise d'alignement

Temporaires, les balises d'alignement annoncent généralement la présence de travaux ou d'un obstacle sur la chaussée. De forme rectangulaire, rayée blanche et rouge, la balise d'alignement peut également être munie d'une lumière clignotante pour accentuer sa visibilité. Ces balises prévalent sur la signalisation permanente, et visent à protéger les intervenants sur le chantier mais également les usagers de la route. Elles impliquent généralement une baisse de vitesse de la part des automobilistes et le recours à plus de vigilance.



Figure

VII17 : Balise d'alignement.

VII5.2 Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types : **VII5.2.1 Marques longitudinales**

Lignes continues

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit. **Lignes discontinues**

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.

On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le **tableau VII2**.

Tableau VII2 : Modulation de la ligne discontinue.

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalles entre deux traits successifs (m)	Rapports pleins- vides
T1 T'1	3.00	10.00	E 1/3
	1.50	5.00	
T2 T'2	3.00	3.50	E 1
	0.50	0.50	
T3 T'3	3.00	1.33	E 3
	20.00	6.00	

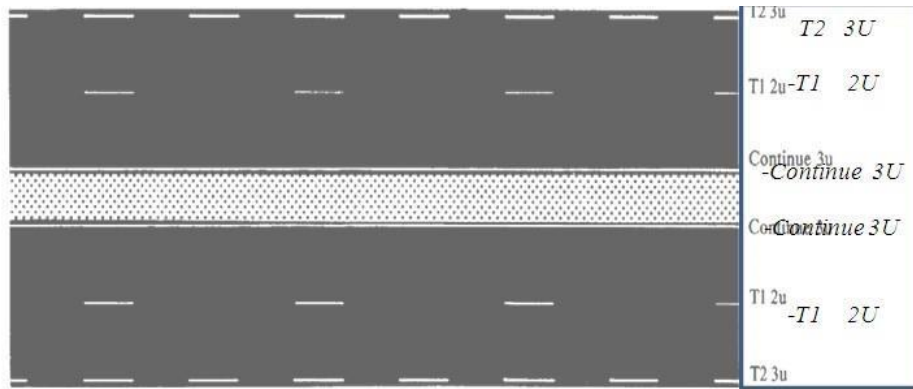


Figure VII18 : Modulation de la ligne.

Marque transversale : Exemple ligne de STOP

C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.

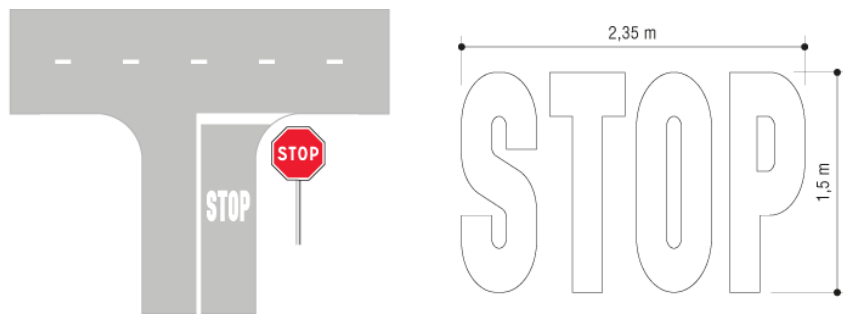
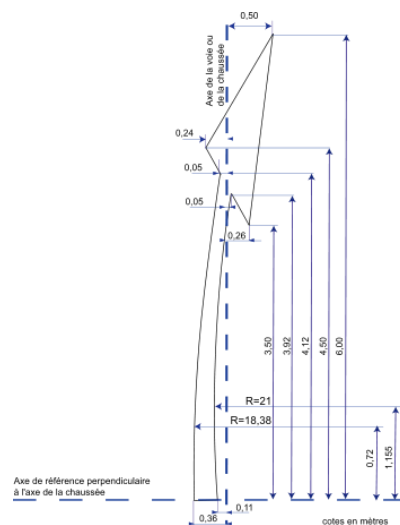


Figure VII19 : Ligne STOP.

VII.5.2.3 Autre signalisation •

Les flèches de rabattement

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



Figure

VII20. Flèche rabattement.

- **Les flèches de sélection**

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

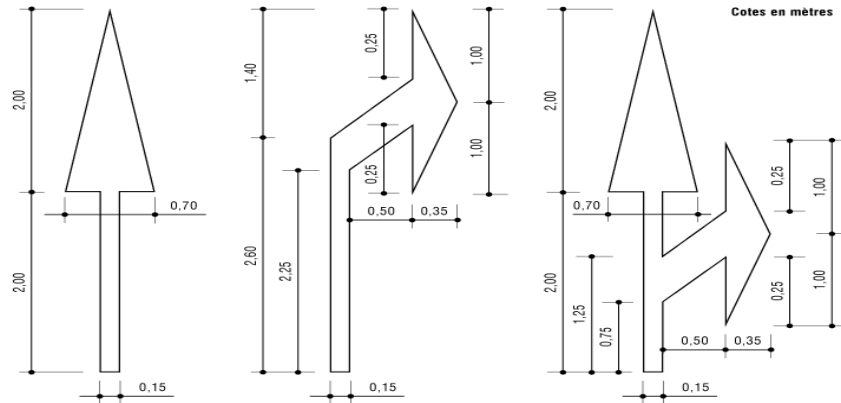


Figure VII21. Flèche de sélection.

- **Largeur des lignes**

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

$U = 7.5\text{cm}$ sur autoroutes et voies rapides urbaines.

$U = 6\text{ cm}$ sur les routes et voies urbaines $U = 5\text{ cm}$ sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 7.5\text{cm}$.

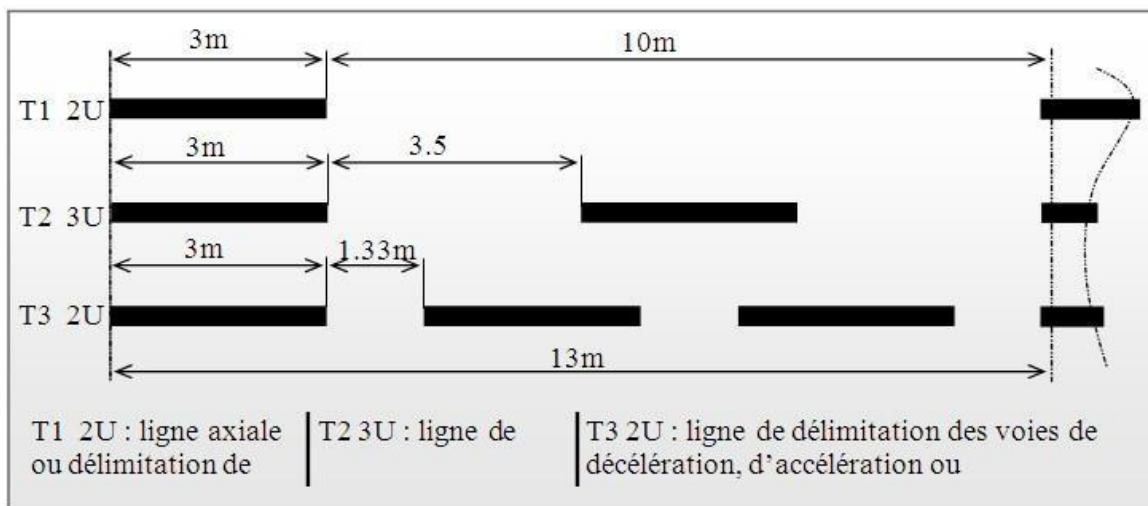


Figure VII22. Types de modulation Référence signalisation routière.



Chapitre VIII

Hypothèses relatives aux matériaux

CHAPITRE VIII: HYPOTHESES RELATIVES AUX MATERIAUX VIII.1

Béton

a) Composition

Le béton s'obtient après un mélange judicieux de ciment, des granulats et de l'eau.

Le ciment :

Le ciment joue le rôle entre produits employés dans la construction, la qualité du ciment et ces particularités dépendent des proportions de calcaire et d'argile ou de bauxite et la température de cuisson du mélange.

Les granulats :

Les granulats comprennent les sables et les pierrailles.

Les sables :

Les sables sont constitués par des grains provenant de la désagrégation des roches, la grosseur de ces grains est généralement inférieure à 5mm. Un bon sable contient des grains de tout calibre mais doit avoir davantage de gros grains que de petits.

Pierraille :

Elles sont constituées par des grains rocheux dont la grosseur est généralement comprise entre 3 et 25 mm. Elles doivent être dures, propres et non gélives. Elles peuvent être extraites du lit de rivière (matériaux rous) ou obtenues par concassage de roches dure (matériaux concasses).

Dosage :

On appelle dosage le poids du liant employé pour réaliser un mètre cube de béton. Dans notre ouvrage le béton arme est réalisé avec des mélanges contenant 350 Kg de CPA par mètre cube mis en œuvre. Ce dosage est destiné à offrir les garanties de résistance escomptées et à présenter une protection efficace de l'armature.

Préparation d'un mètre cube en béton

Pour chaque classe de gravier pour le sable et le ciment et l'eau, il faut déterminer les proportions adéquates dans un mètre cube de béton, **Tableau VIII.1** :

Tableau VIII.1. Composition d'un mètre cube de béton.

Les composants	Graviers3/25	Sable 0/3	ciment	Eau
Volume(l)	800	400	*	180
Poids (kg)	1200	600	350	180

Remarques importantes

L'eau entrant dans la composition du béton devra être pure, pour assurer l'intégrité des mélanges, les sels en dissolution dans l'eau, s'ils sont en excès peuvent devenir nuisible aux liants.

En règle générale l'eau potable convient pour la fabrication des bétons.

La quantité d'eau de gâchage introduite dans la composition du béton influe d'une part sur la facilité en œuvre de ce dernier et d'autre part, sur sa résistance.

L'étude du béton est très souhaitable, car elle permet d'éviter des surprises désagréables et beaucoup plus coûteuses lors de la construction de l'ouvrage lui-même.

L'objectif de l'étude est de déterminer les proportions de ciment, granulats et d'eau qui permettent, au moindre prix, d'atteindre la résistance mécanique exigée, une compacité élevée, en même temps qu'une bonne ouvrabilité.

b) Caractéristiques physique et mécaniques du Béton

- **Masse Volumique :**

La masse volumique des bétons est comprise entre 2200 et 2400 kg/m³. Cette masse volumique peut augmenter avec la modalité de mise en œuvre, en particulier avec la vibration. On prendra dans notre cas une masse volumique de 2500 kg/m³.

- **Coefficient de dilatation :**

Sa valeur moyenne est prise égale à celle de l'acier soit 10. Cette circonstance a permis le développement du béton armé.

- **Retrait Hygrométrique :**

Le retrait sous charges et vient s'ajouter au retrait hygrométrique.

- **Fluage :**

Au cours de sa vie les bétons subissent une variation de son volume lorsque le béton conserve dans une atmosphère séchée, il diminue de volume c'est le retrait. Cette formule valable pour les valeurs de $f_{ch} \leq 60$ Mpa

1. Résistance caractéristique à la compression

Dans le cas courant un béton est défini par sa résistance à la compression à 28 jours. Cette valeur est déterminée par des essais. Ces essais consistent en l'écrasement au moyen d'une presse, des éprouvettes constituées par des cylindres droits de béton ayant une section de 200 cm² ($\phi = 16$ cm) et une hauteur de 32 cm. A partir de la résistance moyenne obtenue, on calcule la résistance caractéristique dans notre cas on prendra comme donnée : **$f_{c28} = 25$ Mpa.**

La norme **BAEL91** préconise pour $j < 28$ jours :

$$f_{cj} = \left[\left(\frac{j \times f_{c28}}{4.76 + 0.83 \times j} \right) \right] \text{ pour } f_{c28} \leq 40 \text{ Mpa}$$

$$f_{cj} = \left(\frac{j \times f_{c28}}{1.40 + 0.95 \times j} \right) \text{ pour } f_{c28} \geq 40 \text{ Mpa}$$

2. Résistance caractéristique à la traction

Résistance caractéristique à la traction du béton à j jours, f_{tj} , est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$$

3. Module de déformation longitudinal

Pour le module de déformation longitudinal :

Les règles **BAEL-91 (R-99)** le fixe aux valeurs suivantes :

$$E_{ij} = 11000 * (f_{cj})^{1/3} \text{ (pour les charges d'une durée d'application } < 24 \text{ h)}$$
$$E_{ij} = 3700 * (f_{cj})^{1/3} \text{ (pour les charges de longue durée).}$$

4. Coefficient de poisson :

$\nu = 0$ pour le calcul des sollicitations

$\nu = 0.20$ pour le calcul des déformations

VIII.2 Acier

L'acier est un matériau caractérisé par une bonne résistance aussi bien en traction qu'en compression. Les armatures utilisées sont de types :

VIII.2.1 Aciers ronds lisses 'RL'

1. Les caractéristiques des aciers naturels FeE24 :

La limite élastique : 235 MPa

La contrainte de rupture : 410 à 490 MPa

L'allongement est de l'ordre : 1.175 %

2. Les caractéristiques des aciers naturels Fe E 22 :

La limite élastique : 215 MPa

La contrainte de rupture : 380 à 490 MPa

L'allongement limite est de l'ordre de : 1.075 %

VIII.2.2

Aciers à haute adhérence 'HA'

Ce sont des aciers de type 1 de nuance. Fe E 400 caractérisées par :

La limite élastique : 400 MPa

La contrainte de rupture 480 MPa

L'allongement est de l'ordre de 1 %

Module d'élasticité de l'acier :

$$E_s = 2.10^5 \text{ MPa}$$

VIII.3 Contraintes limites

1. Contraintes limites à l'ELU :

$$\sigma_s = f_e / \gamma_s \quad \text{aciers naturels}$$

$$\sigma_s = 1.1 f_e / \gamma_s \quad \text{aciers écrouis}$$

Avec :

γ_s : Coefficient de sécurité dépend de type de situation. $\gamma_s = 1.15$ en situation courante $\sigma_s = 348 \text{ Mpa}$ $\gamma_s = 1$ en situation accidentelle $\sigma_s = 400 \text{ Mpa}$

2. Contraintes limites de service :

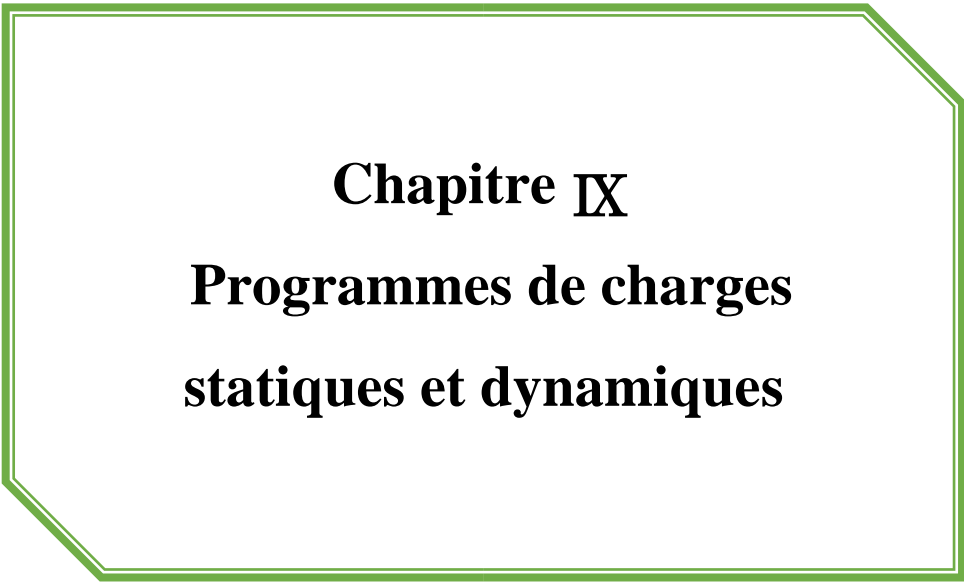
Les contraintes limites de l'acier σ_s sont données en fonction de l'état limite d'ouverture des fissures.

2. Fissuration préjudiciable : $\sigma_s = \text{Min} (2 f_e / 3 ; \max(0.5 f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}})$.

3. Fissuration très préjudiciable : $\sigma_s = 0.8 \times \text{Min} (2 f_e / 3 ; \max(0.5 f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}})$. η :

Coefficient de fissuration égal à :

- $\eta = 1$ pour les ronds lisses (RL).
- $\eta = 1,6$ pour les aciers (HA).



Chapitre IX

Programmes de charges statiques et dynamiques

CHAPITRES IX : PROGRAMMES DE CHARGES STATIQUE ET DYNAMIQUE

IX.1 Introduction :

Dans ce chapitre on va calculer les charges et les surcharges que l'ouvrage doit supporter car il a une fonction porteuse, les actions appliquées a un ouvrage peuvent être permanentes ou variables.

- **Les actions permanentes comprennent :**
- Le poids des éléments porteurs : (dalle, les poutres ...).
- Le poids des éléments non porteurs : dont l'existence est imposée par la fonction de l'ouvrage : (mur en tête le corps de chaussée, glissières ...).
- **Les actions variables, de leur cote, comprennent :**

1. Les charges d'exploitation :

Les règlements des charges sur les ponts font partie de l'ancienne génération. Ils sont regroupés dans le Fascicule 61 titre I, II, III du cahier de prescriptions commune (CPC).

- Le titre I : relatif aux ponts ferroviaires.
- Le titre II : relatif aux ponts routes.
- Le titre III : relatif aux ponts canaux.

Elles doivent alors comporter une marge, afin de permettre ultérieurement des modifications éventuelles des conditions d'exploitation ; l'expérience montre en effet que, lorsqu'un ouvrage a été conçu de façon à satisfaire trop strictement aux conditions prévues, tout changement de celles-ci impose des renforcements très onéreux des structures porteuses.

2. Les charges climatiques :

Essentiellement l'eau, températures et la charge hydraulique.

• Charges permanentes et compléments des Charges permanentes :

Les charges permanentes comprennent le poids propre de la structure porteuse, et les compléments des charges permanentes sont des éléments non porteurs et des installations fixes ; on les appelle accessoires.

† Les charges permanentes CP : **a)**

Au niveau du tablier : Epaisseur de la dalle est : 25 cm.

- Poids mort du tablier : $1 \times 0,25 \times 2,50 = 0,625$ t/ml † Les compléments des Charges permanentes CCP :

Ces charges sont appelées CCP ; et concernent :

- Poids mort du remblai : $1,6 \times 1,00 \times 2,00 = 3,2$ t/ml.
- Poids mort du mur en tête : $0,5 \times 0,3 \times 2,50 = 0,375$ t/ml.
- Poids mort du garde corps P (garde corps) = 0,12 t/ml.
- Poids de la chaussée : $0,48 \times 1,00 \times 2,20 = 1,056$ t/ml.

Le poids total de tablier :

$$P_{\text{tot}} = \text{CCP} + \text{CP} \quad \text{Donc : } P_{\text{tot}} = \mathbf{5,38} \text{ t/ml. } \mathbf{b)}$$

Au niveau du radier :

- Poids mort radier : $1 \times 0,25 \times 2,5 = 0,625$ t/ml.
- Poids mort du tablier : 5.38 t/ml.
- Poids mort des piliers : 0,833 t/ml.

La somme donne : **6,84 t/ml.**

IX.2 L'action de la poussée des terres :

○ Sous l'action de la poussée des terres et la charge hydraulique : a-

Action de la poussée des terres :

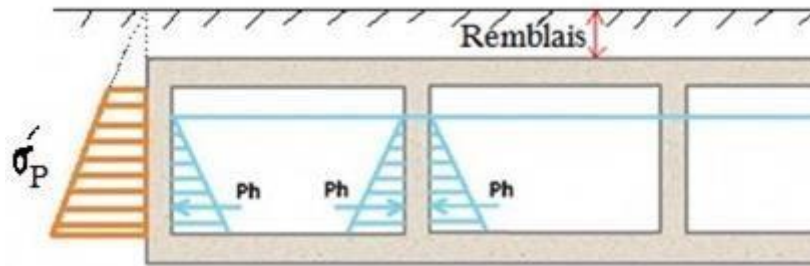


Figure IX.1 : Action de la poussée des terres sur le dalot.

$P_t = 12H\sigma'_p$ avec $\sigma'_p = \sigma'_v K_p$ et K_p le coefficient de poussée avec $K_p = \text{tg}^2(\pi - \phi)$ avec ϕ l'angle de frottement interne de remblai sans cohésion.

4 2

Tableau IX.1: Tableau de σ'_p

	Sol	Poussée
	pulvérulent $c=0 \phi > 0$	$\sigma'_p = \sigma'_v K_p$
Cohérents et frotton	A court terme $c > 0 \phi = 0$	$\sigma'_p = \sigma'_v - 2c_u$
	A Long terme $c = c' \phi \neq 0$	$\sigma'_p = \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_p}$

Avec : $K_p = \text{tg}^2(\pi - \phi)$ et $\sigma'_v = g H$.

4 2

$P_p = \frac{1}{2} H \sigma'_p$ et l'application $H' = \frac{2}{3} H$.

2 3 b- Charge hydraulique :

La charge hydraulique (Ph) et de sens contraire par rapport la poussée des terres pour les piédroits sont en contact avec le terrain, pour les piédroits intermédiaires l'application sur les deux sens va annuler la charge hydraulique.

IX.3 Calcul des surcharges routières :

On distingue

† La surcharge de type A (L).

† Système B. (B_r , B_c , B_t).

a. La largeur roulable (L_r)

La largeur roulable est définie comme la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou bordures.

b. La largeur chargeable (L_c)

Se déduit de la largeur roulable, en enlevant une bande de 0,50m le long de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière) lorsqu'il existe. Dans notre projet on a $L_r = 7$ m. et $L_c =$

7 m. c. Le nombre de voie

Les chaussées comportent un nombre de voie de circulation égal à la partie entière du quotient par 3 de leur largeur chargeable.

$$N = \frac{L_c}{3}$$

Donc : $N = \frac{7}{3} = 2.3$ d'où $N = 2$

d. Classe de ponts routes

On distingue trois classes de ponts, on fonction de leur largeur roulable qui sont les suivantes

:

Tableau IX.2 : Tableau de Classe de pont.

Classe	Largeur roulable
1	$L_r \geq 7$ m
2	$5,50 \text{ m} < L_r < 7$ m
3	$L_r < 5,50$ m

On a $L_r \geq 7$ m donc notre pont est classé dans la 1^{ère} classe.

IX.3.1 Système de charges A (L)

Le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont la l'intensité dépend de la longueur L chargée et donné par la formule suivante :

$$A_2(L) = a_1 \times a_2 \times A(L)$$

Avec :
$$A(L) = 230 + \frac{36000}{L + 12}$$

L : portée du pont.

$$A(L) = 230 + \frac{36000}{3.25+12} = 2590 \text{ kg/m}^2$$

$A(L) = 2,59 \text{ t/m}^2$ a_1 : coefficient de dégressivité transversale de la charge, est donné par le tableau suivant **Tableau IX.3** : Tableau de Coefficient de dégressivité transversale de la charge.

	Nombre de voies chargées				
Classe du pont	1	2	3	4	5
1	1	1	0,9	0,75	0,75
2	1	0,9	-	-	-
3	0,9	0,8	-	-	-

Tel que : v : la largeur réelle d'une voie

$3,5\text{m}$ pont $\left\{ \begin{array}{l} \text{du I classe. } v_0 = \\ \text{du II classe.} \\ \text{2,75m pont du III classe.} \end{array} \right.$

Remarque :

Les valeurs données précédemment tiennent compte de majoration dynamique.

$$a = \frac{v_0}{v}$$

Avec : $v_0 = 3.5 \text{ m}$ (pont de 1^{ère} classe)

v : largeur d'une voie = 3.5 m **Dans**

notre projet nous avons :

Tableau IX.4 : Tableau de Charge A (L) par voie.

Nombre de voies	a_1	a_2	$A(L) \times a_1 \times a_2 \text{ (t/m}^2\text{)}$
-----------------	-------	-------	---

1	1	1	2.590
2	1	1	2.590

IX.3.2 Système de charges B :

Le système de charge B comprend trois sous-systèmes les suivantes :

- † Sous système B_c : ce compose de camions types (30T).
- † Sous système B_r : ce compose d'une roue isolée.
- † Sous système B_t : ce compose de groupes de deux essieux dénommés essieux tandems (8T).

Les deux premiers systèmes B_c et B_r s'appliquent à tous les ponts quelle que soit leur classe ; le système B_t ne s'applique qu'aux ponts de première ou de deuxième classe.

1. Sous système B_c :

On dispose sur la chaussée au plus autant de files ou convois de camions que la chaussée comporte de voies de circulation (cf. Art.2.2) et l'on place toujours ces files dans la situation la plus défavorable pour l'élément considéré.

Disposition dans le sens transversal : nombre maximale de files que l'on peut disposer égale au nombre de voies de circulation, il ne faut pas en mettre plus, même si cela est géométriquement possible, les files peuvent être accolées ou non.

Disposition dans le sens longitudinal : nombre de camions est limité à deux, la distance des deux camions d'une même file est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable. Le sens de circulation peut-être dans un sens ou dans l'autre à condition que les deux camions circulent dans le même sens.

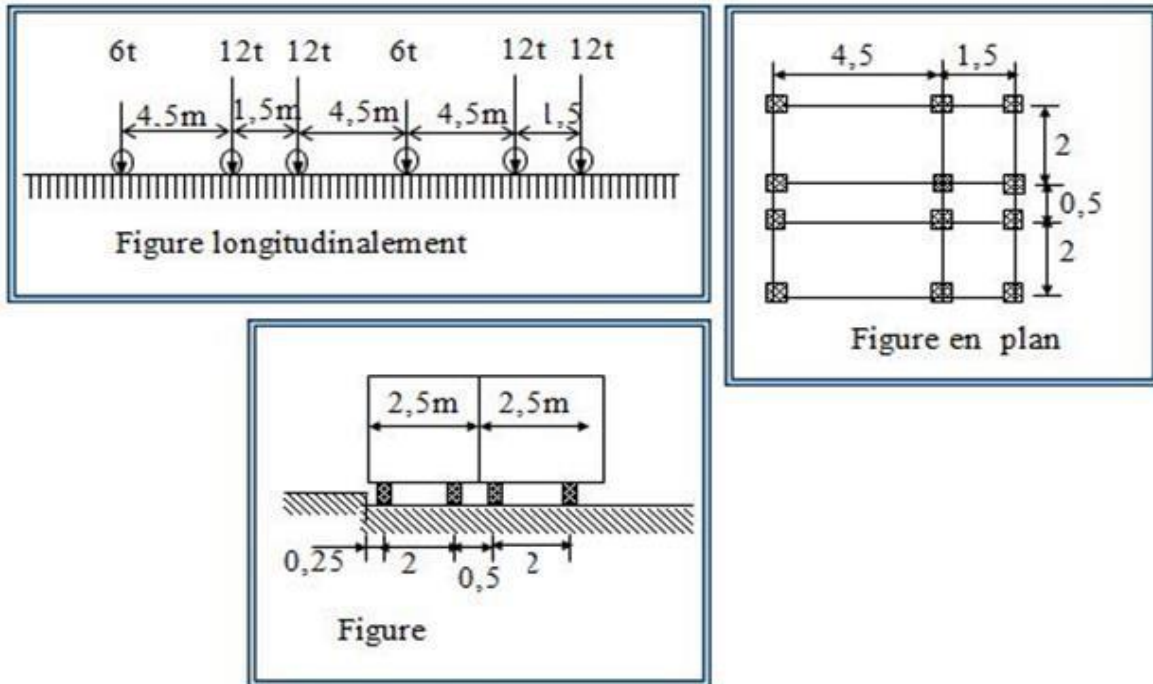
En fonction de la classe du pont et du nombre de files considérées, la valeur des charges du système B_c prise en compte est multipliée par le coefficient b_c, donné par le **tableau VII.5** suivants.

Tableau IX.5 : Tableau du Coefficient b_c.

Classe du pont	Nombre de fils considéré				
	1	2	3	4	>5
1	1,20	1,10	0,95	0,80	0,70

2	1,00	1,00	-	-	-
3	1,00	0,80	-	-	-

Figure IX.2 : Système Bc.



Chaque camion port trois essieux a roues simple ayant une masse totale de 30t donc Un essieu avant de 6t et deux essieux arrières de 12t chacune.

La disposition longitudinale et transversale ce sont selon CPC.

La charge Max du système B_c est :

$$S_1 = 2 \times 30 \times 3$$

$$S_1 = 180 \text{ t}$$

Détermination de coefficient b_c :

On a un pont de 1^{ère} classe et pour 2 voies chargées on aura : **b_c = 1.1** d'où :

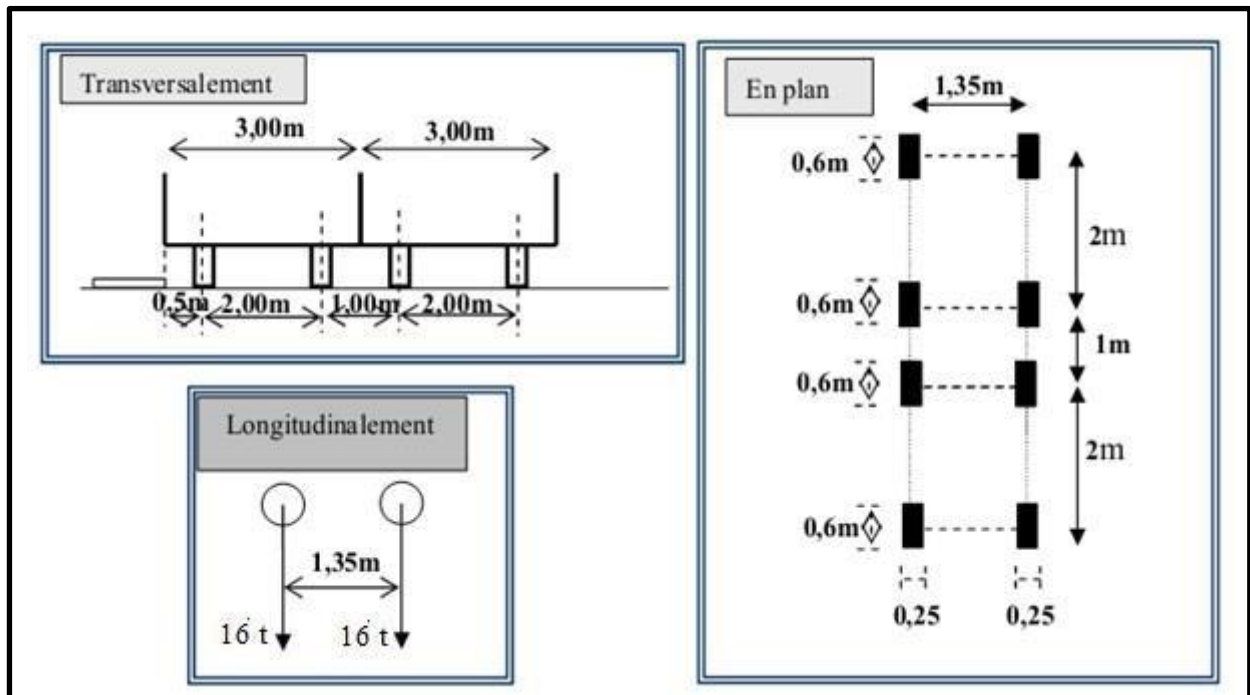
$$S = S_1 \times b_c$$

$$S = 180 \times 1.1 = 198 \text{ t. D'où } S = 198 \text{ t.}$$

2. Sous système B_t :

Un tandem du système B_t est applicable seulement sur la 1^{ère} et 2^{ème} classe, il comporte deux essieux (2x16t), chaque un à deux roues simples qui répond aux caractéristiques suivantes :

Figure IX.3 : Système Bt.



Les valeurs des charges du système B_t prise en compte son multiplié par le coefficient b_t représenté sur la tableau IX.7.

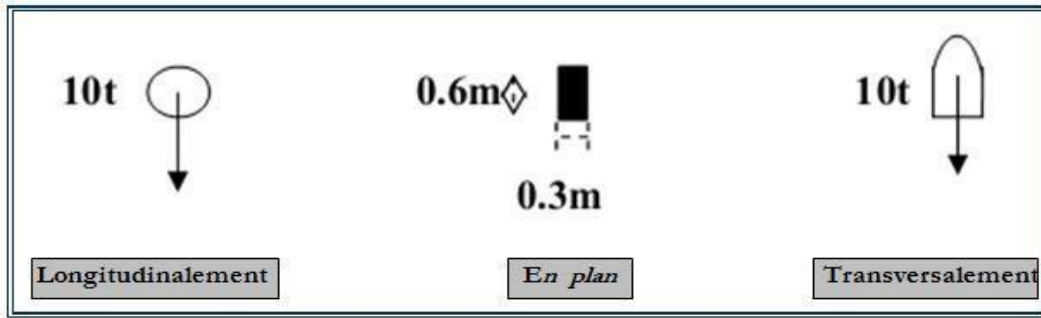
Tableau IX.7: Tableau de Charge (b_t) par tandem

Désignation	S	b_t	essieu (16t)
1 Tandem	16	0,9	18,49
2 Tandems	32	0,9	36,98

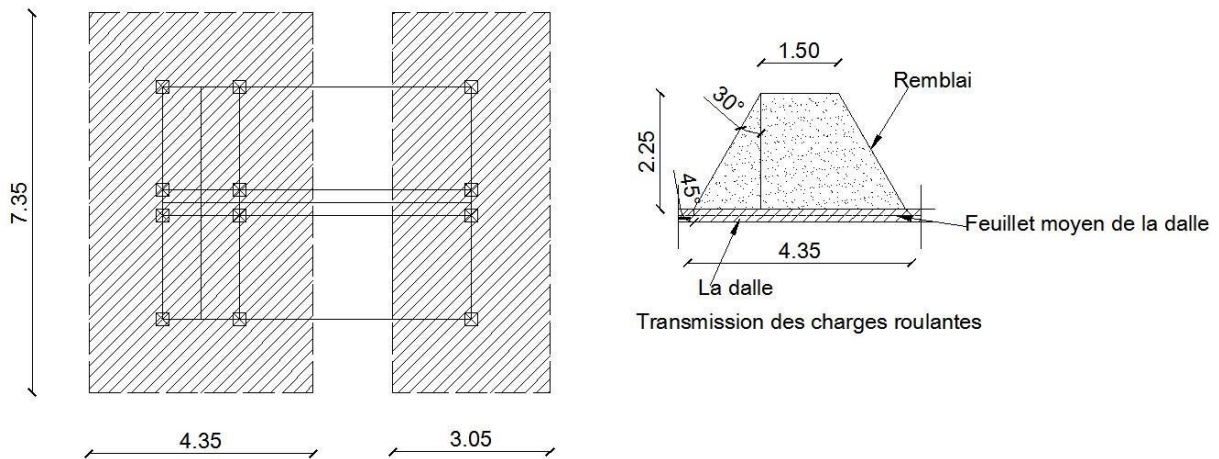
3. Sous système Br :

Le système Br se compose d'une roue isolée transmettant un effort de 10 t à travers une surface d'impact rectangulaire de 0,6x0,3m, qui peut être placée à n'importe quelle position de la largeur roulable pour avoir le cas le plus défavorable.

Figures IX.4: Système Br.



4. Détermination des charges après diffusion :



Figures IX.5: Diffusion des charges pour le système Bc.

- Pour les essieux arrière : $p = \frac{8 \times 6}{4.35 \times 7.35} = 1.50 \text{ t/m}^2 \leq pA = 2.59 \text{ t/m}^2$
- Pour les essieux avant : $p = \frac{4 \times 3}{3.05 \times 7.35} = 0.54 \text{ t/m}^2 \leq pA = 2.59 \text{ t/m}^2$

Remarques :

1. Dans le cas d'un dalot sous remblai avec une épaisseur supérieure à 1 m, il n'est pas nécessaire de calculer le coefficient de majoration dynamique car les vibrations seront absorbées par le remblai il en est de même de la force de freinage.
 2. Pour la suite de la modélisation, on considère uniquement les charges les plus défavorables à savoir les charges permanentes, la surcharge A, et les poussées des terres.
- Exemple de diffusion des charges pour le système B_c :



Chapitre X

Modélisation de l'ouvrage

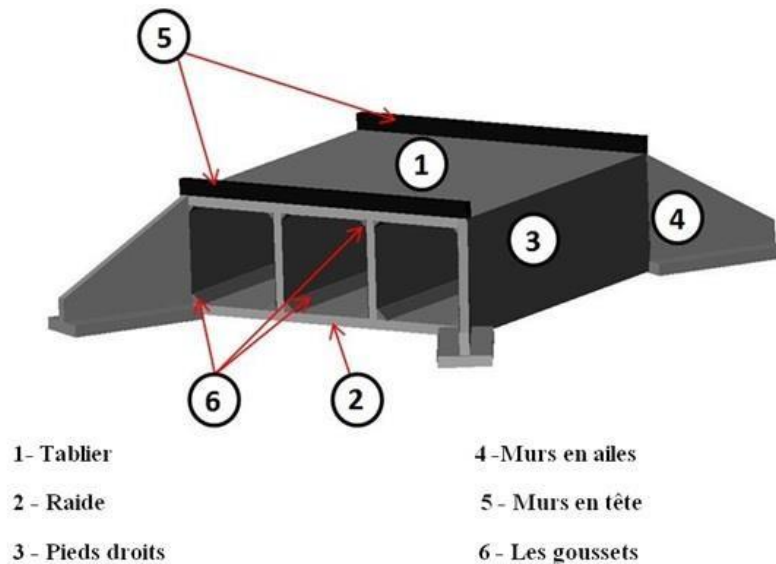
CHAPITRE X : MODELISATION DE L'OUVRAGE

X.1 Introduction :

Les dalots conviennent sur tout lorsque les portées restent modestes (jusqu'à environ 12m) et présentent l'avantage de pouvoir être fondés sur tous les sols acceptant une fondation superficielle peu chargée (la traverse Inférieure faisant office de radier général, exerce des pressions sur le sol de l'ordre de 0,1MPa, ce qui n'exclut pratiquement que les vases, les tourbes ou certains limons, et autorise même souvent la fondation sur remblai compacté).

C'est un ouvrage qui joue deux rôles essentiels d'une part, permet à la route de franchir un obstacle naturel (cours d'eau) ou artificiel (voie de communication) et d'autre part, il est aussi responsable de l'écoulement des eaux sous la chaussée, (Figure VIII.1).

Figures X.1 : : Schéma d'un pont-cadre (dalot).



Le dalot est composé des :

- **Tablier** : est une dalle encastrée sur les pieds droits
- **Radier** : c'est une fondation superficielle reposant sur béton de propreté
- **Pieds droits** : Voiles encastrées sur le radier la dalle.
- **Murs en ailes** : Il s'agit de murs en T renversé, composés d'un voile vertical de hauteur variable encastré sur une semelle.
- **Murs en tête** :

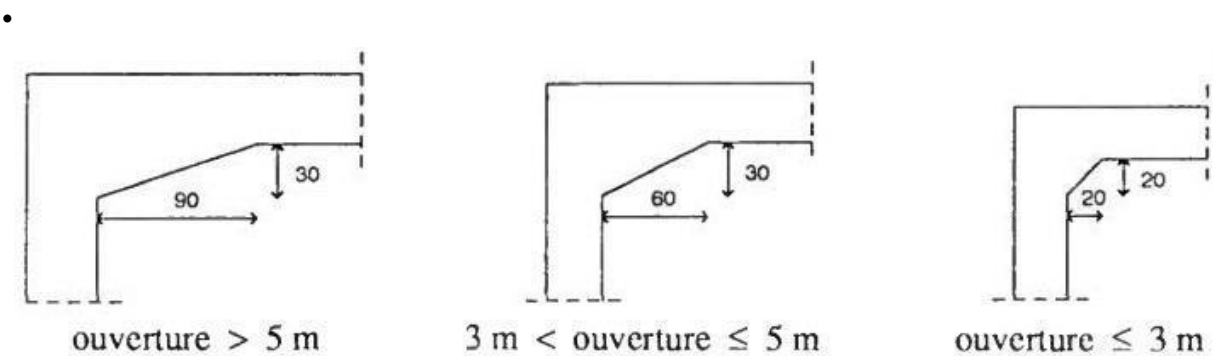
La fonction des murs en tête et les murs ailes est d'assurer le soutènement des remblais

- **Les goussets** : Les goussets sont renforcement triangulaire de l'angle de deux pièces perpendiculaires. Sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, à résorber les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, sur tout pour les portées importantes.

Le choix des goussets : choix du gousset dépend de la porte de l'ouverture du dalot (Figures X 2-3)

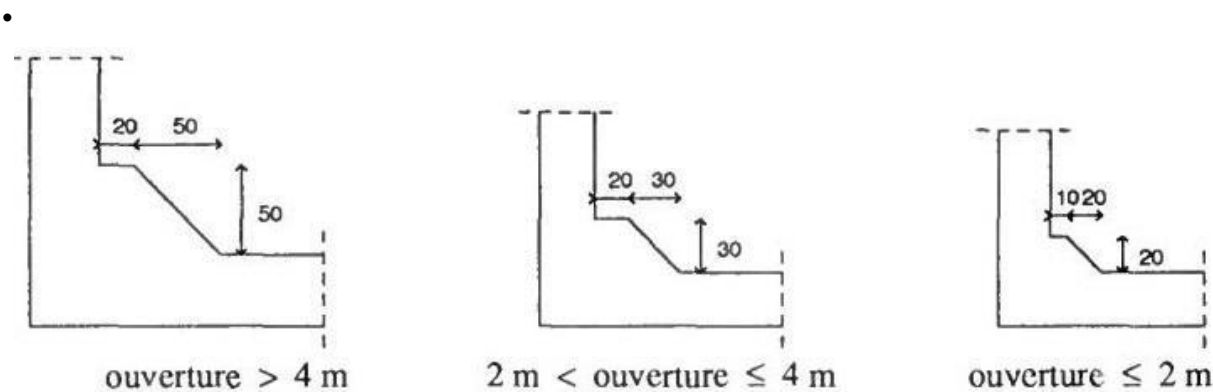
Angle supérieur (coupe droite)

: Figure X.2 : le choix des goussets angle supérieur.



Angle inférieur (coupe droite) :

Figure X.3 : le choix des goussets angle supérieur.



X.2 Dimensions du dalot

Dans notre cas il s'agit d'un dalot constitué de deux ouvertures rectangulaires dont la traverse supérieure est une dalle encastrée d'épaisseur constante qui constitue le tablier.

Les piliers verticaux font office de culées incorporées et les murs intermédiaires sont fondés sur radier.

L'encastrement de la traverse supérieure et du radier sur les piliers se fait au moyen de goussets dont la présence est fortement recommandée pour assurer un comportement satisfaisant à l'encastrement.

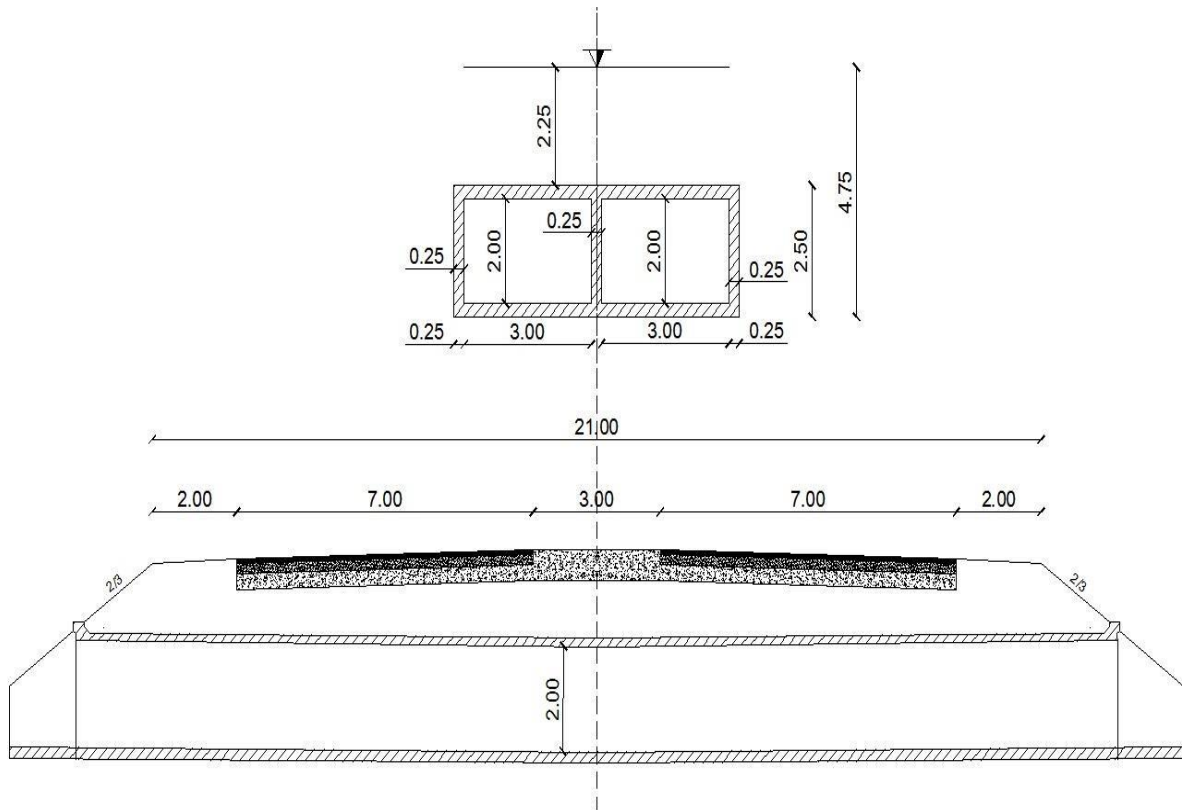
L'épaisseur du Dalot est sensiblement égale selon le guide SETRA :

$$e_p = \frac{L}{32} + \frac{3}{32} \cdot 0.125 = + 0.125 = 0.218 \text{ m soit } e_p = 25 \text{ cm}$$

Nous prenons la même épaisseur pour la dalle, le radier et les pieds droits.

La **figure X.4** représente la coupe transversale et longitudinale du dalot étudié

Figure X.4 : Coupe transversale et longitudinale du dalot étudié



X.3 Modélisation du dalot avec le logiciel Autodesk Robot Structural

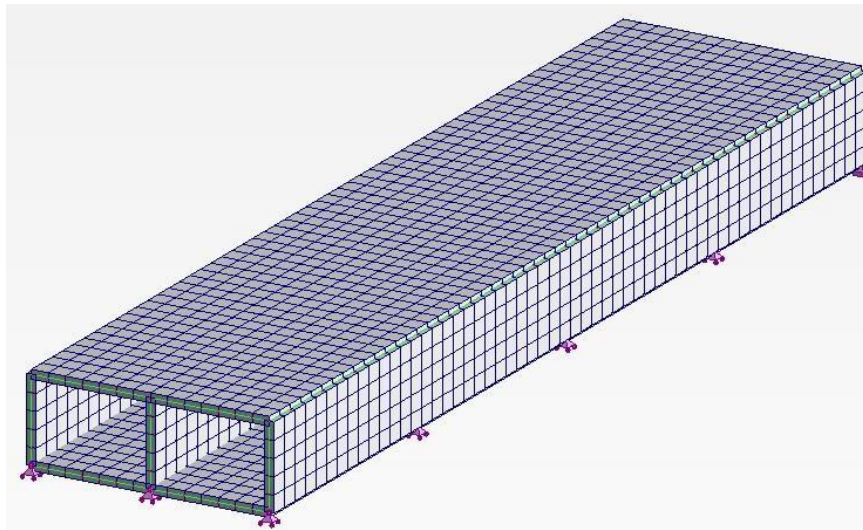
Les calculs numériques des sollicitations seront effectués par logiciel **Autodesk Robot Structural version 2010**.

Les étapes à suivre sont les suivants :

- Choix d'unité de travail (kN/m)
- Créé le modèle du dalot avec ces dimensions
- Définir les matériaux (acier, béton)
- Définir les sections
- Définir les cas de charge
- Définir les combinaisons de charge
- Assigné les appuis
- Lancement des calculs
- Exploitation des résultats (Diagramme des moments de flexion, des efforts tranchants et des efforts normaux)

Nous avons effectué une modélisation en 3D (**Figure X.5**) et la dalle, le radier et les pieds droit ont été modélisés comme des éléments coques

Figures X.5 : Modélisation en 3D du dalot X.4

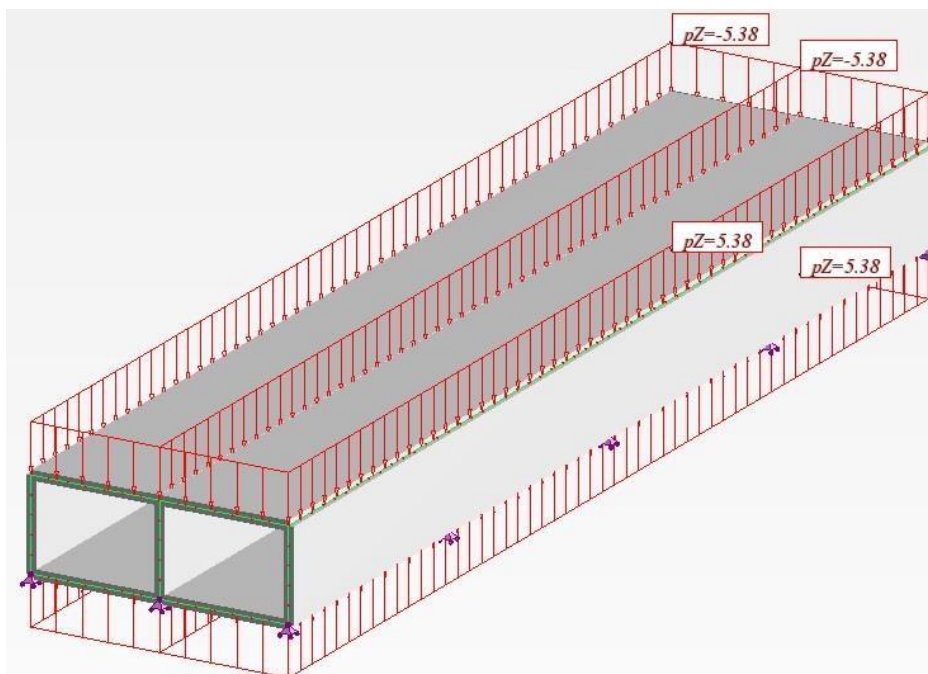


Les différents cas de charges

a. Charges permanentes :

$$G = 5.38 \text{ t/m}^2$$

Figures X.6 : Sous charges permanentes G

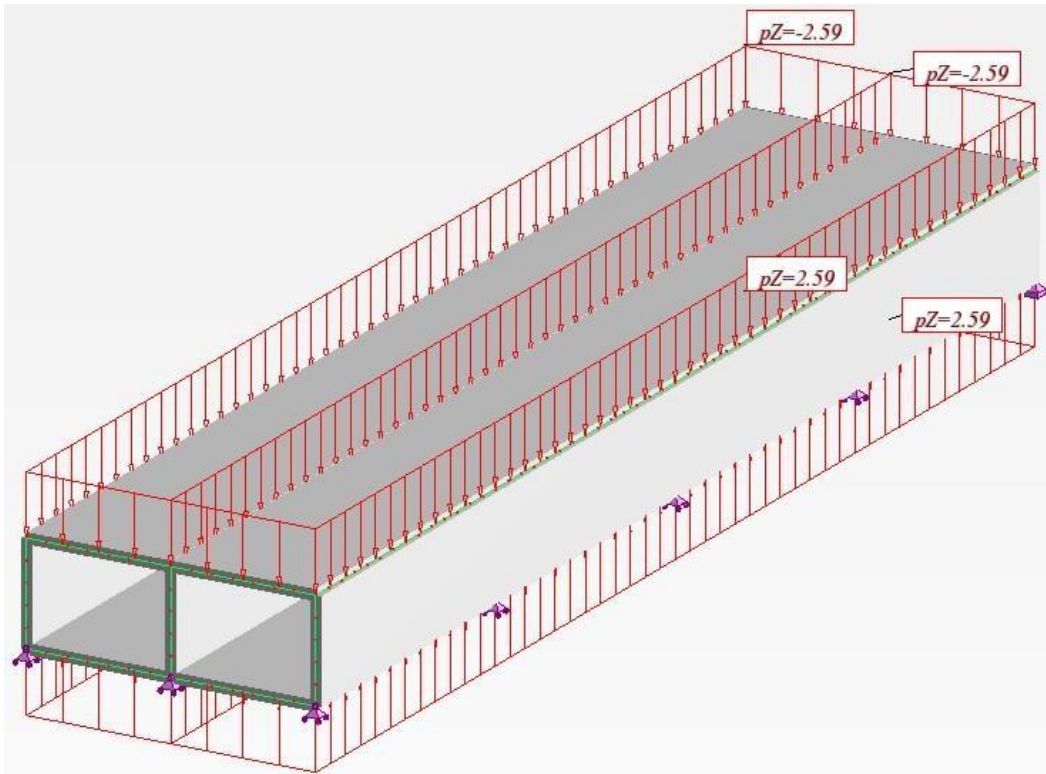


b. Charges d'exploitation :

$A = 2.59 \text{ t/m}^2$; les deux travées chargées

Figure X.7 : Sous charges d'exploitation A les deux travées chargées

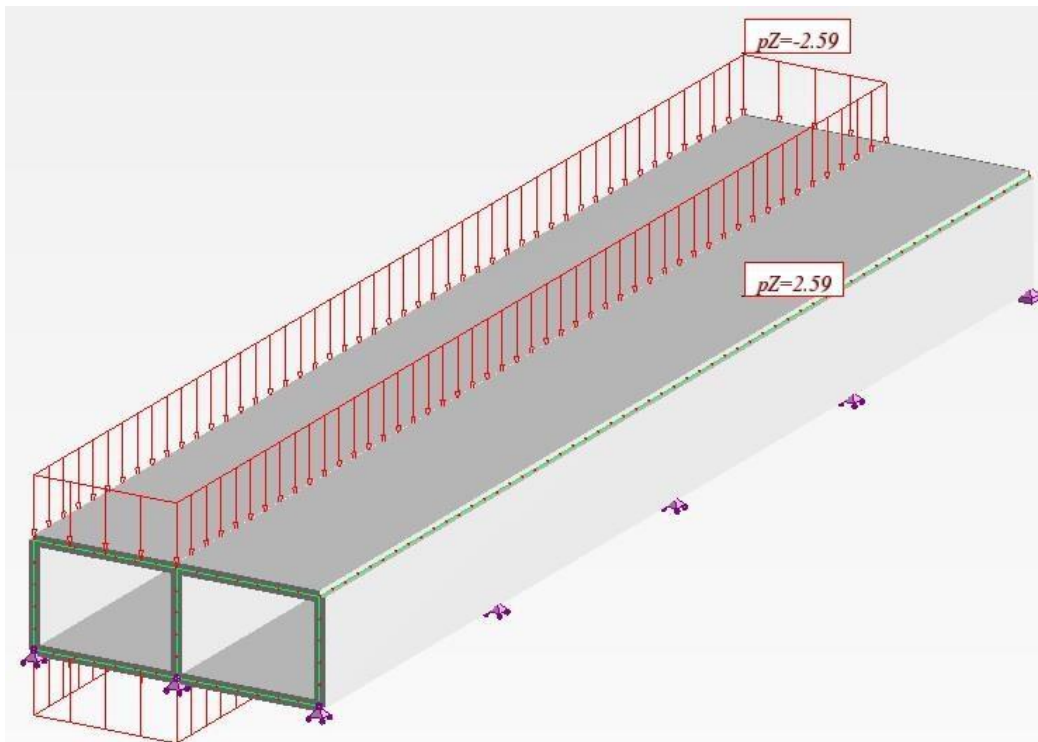
□



$A = 2.59 \text{ t/m}^2$; une seule travée chargée

Figures X.8 : Sous charges d'exploitation A une seule travée chargée

□

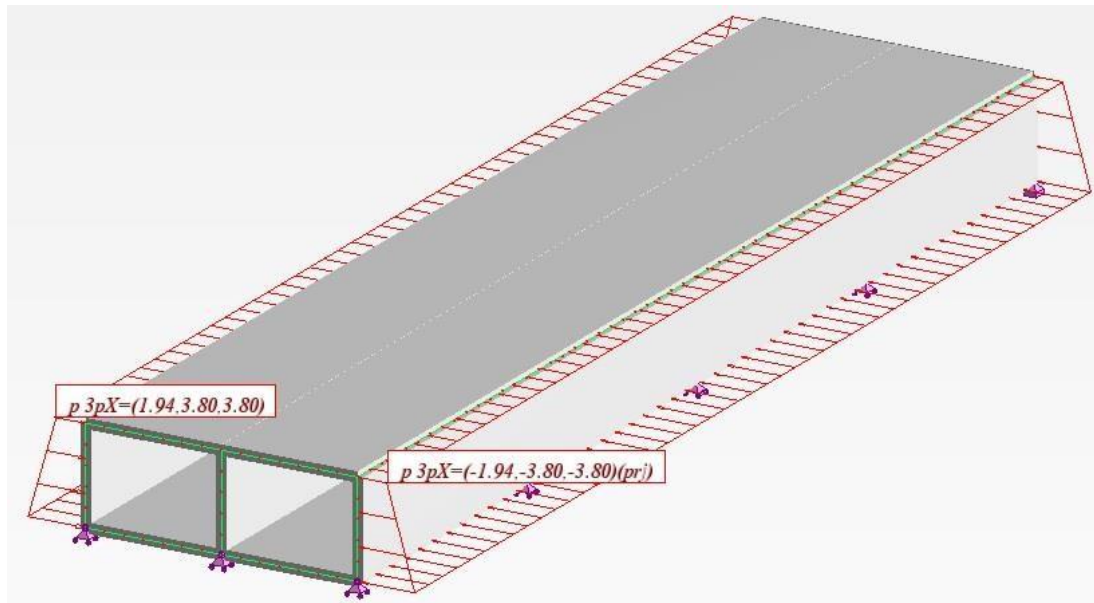


c. Charges dues aux poussées des terres :

$$S_{\max} = 1.94 \text{ t/m}^2$$

$$S_{\min} = 3.80 \text{ t/m}^2$$

Figures X.9 : Sous charges dues aux poussées des terres



X.5 Exploitation des résultats de calcul

Les résultats de calcul ont été effectués suivant la coupe A-A1 du dalot (**Figure X.10**). Les résultats obtenus par le logiciel Autodesk Robot Structural sont récapitulés sur Tableau X.1.

Figures X.10 : Résultats du moment Mxx suivant la coupe A-A1

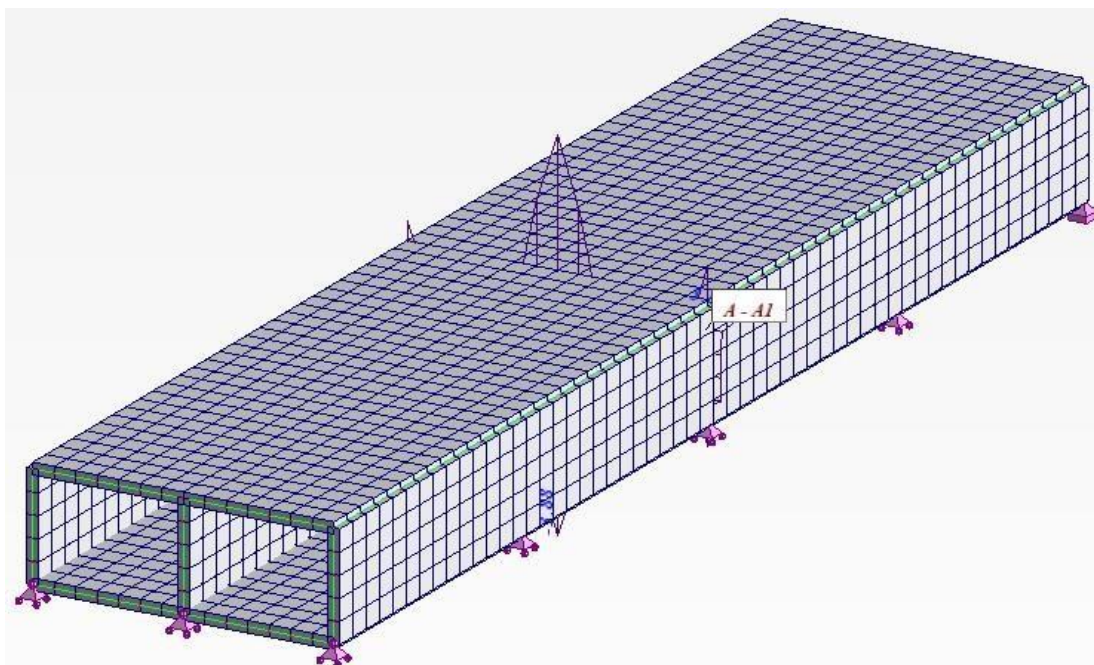


Tableau X.1 : Tableau comparatif des sollicitations obtenu par Robot

PARTIE D'OUVRAGE	Sollicitations	M.E.F (ROBOT)
------------------	----------------	---------------

	t.m/ml et t/ml		Cas de charges		
			G	Max A	Ps
TABLIER	Moment fléchissant	à gauche	-1.84	-0.89	-0.68
		à droite	-5.73	-2.76	-0.33
		au milieu	3.27	1.57	0.00
RADIER	Moment fléchissant	à gauche	-1.78	-0.86	-0.72
		à droite	-5.81	-2.80	-0.36
		au milieu	3.27	1.57	0.00
PIEDROITS EXTERIEURS	Moment fléchissant	Inférieur	-0.40	-1.19	-0.13
		Supérieur	-0.38	-0.18	-0.13
		Milieu	-0.38	0.18	0.23
	Effort normal	-7.54	-3.81	0.00	
PIEDROITS INTERIEURS	Moment fléchissant	Inférieur	0.00	0.00	0.00
		Supérieur	0.00	0.00	0.00
		Milieu	0.00	0.00	0.00

	Effort normal		-19.89	-9.57	0.62
--	---------------	--	--------	-------	------

Chapitre XI
Ferraillage des éléments
constitutifs du dalot

CHAPITRE XI : FERRAILLAGE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU DALOT

XI.1 Introduction

L'étude de ferrailage de l'ouvrage et ces vérifications demandent une succession de calcul très long, c'est la raison pour laquelle le ferrailage longitudinal et transversal de chaque élément du dalot doit être déterminé à l'aide de logiciel EXPERT.

XI.2 Sollicitations de calcul aux états limites :

Les différentes combinaisons à considérer sont :

ELU

Cas : $1.35 \times G + 1.35 \times Ps + 1.6 \times A$

ELS

$G + Ps + 1.2 \times A$

Les sollicitations à retenir sont résumés sur le tableau IX.2 :

Tableau XI.1 : Tableau des sollicitations aux états limites

PARTIE D'OUVRAGE	Sollicitations t.m/ml et t/ml		Etats Limites	
			ELU	ELS
TABLIER	Moment fléchissant	à gauche	-4.83	-3.59
		à droite	-12.60	-9.37
		au milieu	6.93	5.15
RADIER	Moment fléchissant	à gauche	-4.75	-3.53
		à droite	-12.81	-9.53
		au milieu	6.93	5.15
PIEDROITS EXTREMES	Moment fléchissant	Inférieur	-2.62	-1.96
		Supérieur	-0.98	-0.73
		Milieu	0.09	0.07
	Effort normal	-16.28	-12.11	
PEDROITS INTERIEURS	Moment fléchissant	Inférieur	0.00	0.00
		Supérieur	0.00	0.00

		à droite	0.00	0.00
	Effort normal		-26.01	-30.75

XI.3 Calcul des sections des armatures

Exemple de calcul : nous prenons le cas du tablier

○ **A mi- travée :** $M_u = 6.93 \text{ t.m/m}$

- Calcul à l'ELU :

On a : $\sigma_{bc} = 14.2.00 \text{ Mpa}$

$$\frac{\sigma_{bc} \cdot b \cdot d^2}{\sigma_{bc} \cdot b \cdot d^2} = \frac{69.3 \times 10^3}{(100 \times 22^2 \times 14.2)} \quad \mu = \frac{M_u}{\sigma_{bc} \cdot b \cdot d^2} = 0.101$$

$$0 \leq \mu_u \leq 0,186 \rightarrow \text{Pivot A}$$

on à

$$\mu \leq 0.186 \text{ donc pivot A } \alpha = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu})$$

$$= 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.101}) = 0.133 \quad z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) =$$

$$27. (1 - 0.4 \times 0.133) = 25.56$$

$$A = \frac{(69.3 \times 10^3)}{(25.56 \times 348)} = 7.79 \text{ cm}^2$$

- Calcul à l'ELS

Moment à l'état de service $M_{ser} = 5.15 \text{ t. m/ml}$

Paramètre de déformation

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 215,55} = 0.51$$

Fibre neutre

$$\bar{\gamma}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0.51 \times 0.22 = 0.11 \text{ m}$$

Bras de levier

$$\bar{z}_{ser} = d - \frac{\bar{\gamma}_{ser}}{3} = 0.22 - \frac{0.11}{3} = 0.18 \text{ m}$$

Moment résistant

$$M_{rserb} = \frac{1}{2} \times b_o \times \bar{\gamma}_{ser} \times \sigma_{bc} \times \bar{z}_{ser} = 0.5 \times 1 \times 0.11 \times 15 \times 10^3 \times 0.18 = 148.50 \text{ kN.m/m}$$

On a $M_{ser} < M_{rserb} \rightarrow$ Pas besoin d'aciers comprimés

$$A_s = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{51.5 \times 10}{0.18 \times 215.55} = 13.27 \text{ cm}^2$$

- Condition de non-fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 1 \times 0,22 \times 2,4}{400} = 3.04 \text{ cm}^2$$

La section d'acier à retenir est donc $A_s = 13.27 \text{ cm}^2$ soit **7HA16 (14.07 cm²)**

○ En appui : $M_u = 12.60 \text{ t.m/m}$

- Calcul à l'ELU

$$\frac{\sigma_{bc} \cdot b \cdot d^2}{100 \times 22^2 \times 14.2} = \frac{126.00 \times 10^3}{(100 \times 22^2 \times 14.2)} \quad \mu = \frac{M_u}{\sigma_{bc} \cdot b \cdot d^2} = 0.183$$

$$0 \leq \mu_u \leq 0,186 \rightarrow \text{Pivot A}$$

on à

$$\mu \leq 0.186 \text{ donc pivot A } \alpha = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu})$$

$$= 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.183}) = 0.255 \quad z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) =$$

$$22 \times (1 - 0.4 \times 0.255) = 19.75$$

$$A = \frac{(126.00 \times 10^3)}{(19.75 \times 348)} = \mathbf{18.32 \text{ cm}^2}$$

- Calcul à l'ELS

Moment à l'état de service $M_{ser} = 93.70 \text{ kN.m/ml}$

Paramètre de déformation

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \overline{\sigma}_{bc}}{n \times \overline{\sigma}_{bc} + \overline{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 215,55} = 0.51$$

Fibre neutre

$$\overline{\gamma}_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0.51 \times 0.22 = 0.11 \text{ m}$$

Bras de levier

$$\overline{z}_{ser} = d - \frac{\overline{\gamma}_{ser}}{3} = 0.22 - \frac{0.11}{3} = 0.18 \text{ m}$$

Moment résistant

$$M_{rserb} = \frac{1}{2} \times b_o \times \overline{\gamma}_{ser} \times \sigma_{bc} \times \overline{z}_{ser} = 0.5 \times 1 \times 0.11 \times 15 \times 10^3 \times 0.18 = 148.50 \text{ kN.m/m}$$

On a $M_{ser} < M_{rserb} \rightarrow$ Pas besoin d'aciers comprimés

$$A_s = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{93.70 \times 10}{0.18 \times 215.55} = \mathbf{24.15 \text{ cm}^2}$$

- Condition de non-fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 1 \times 0.22 \times 2,4}{400} = 3.04 \text{ cm}^2$$

La section d'acier à retenir est donc $A_s = 24.15 \text{ cm}^2$, on augmente l'épaisseur à **30cm**

Remarque : C'est la même section que celle obtenue par le calcul manuel, alors la suite du calcul de ferrailage sera effectuée avec le logiciel Robot Expert .

XI.4. Récapitulatif des sections d'armatures

Tableau XI.2 : Ferrailage des éléments du dalot

PARTIE D'OUVRAGE	Sollicitations t.m/ml et t/ml		ELU	ELS	Section de béton (cm)		Section d'acier (cm ²)	
					b	h	Théorique	Choix
TABLIER	Moment fléchissant	à gauche	-4.83	-3.59	100	30	14.40	6T20
		à droite	-12.60	-9.37	100	30		
		au milieu	6.93	5.15	100	30		
RADIER	Moment fléchissant	à gauche	-4.75	-3.53	100	30	14.60	6T20
		à droite	-12.81	-9.53	100	30		
		au milieu	6.93	5.15	100	30		
PIEDROIT EXTREME	Moment fléchissant	Inférieur	-2.62	-1.96	100	30	SECT.SUR	6T14/ Face
	Effort normal		-16.28	-12.11	100	30		

PIEDROITS INTERIEURS	Moment fléchissant	Inférieur	0.00	0.00	100	30	SECT.SUR	6T14/ Face
	Effort normal		-26.01	-30.75	100	30		

N.B : SECT.SUR : Section surabondante, on prend le minimum préconisé pour les piedsroits.

XI.4. Dessin de ferrailage des éléments du dalot :

La **figure XI.1** représente le dessin de ferrailage des éléments du dalots avec le détail des goussets.

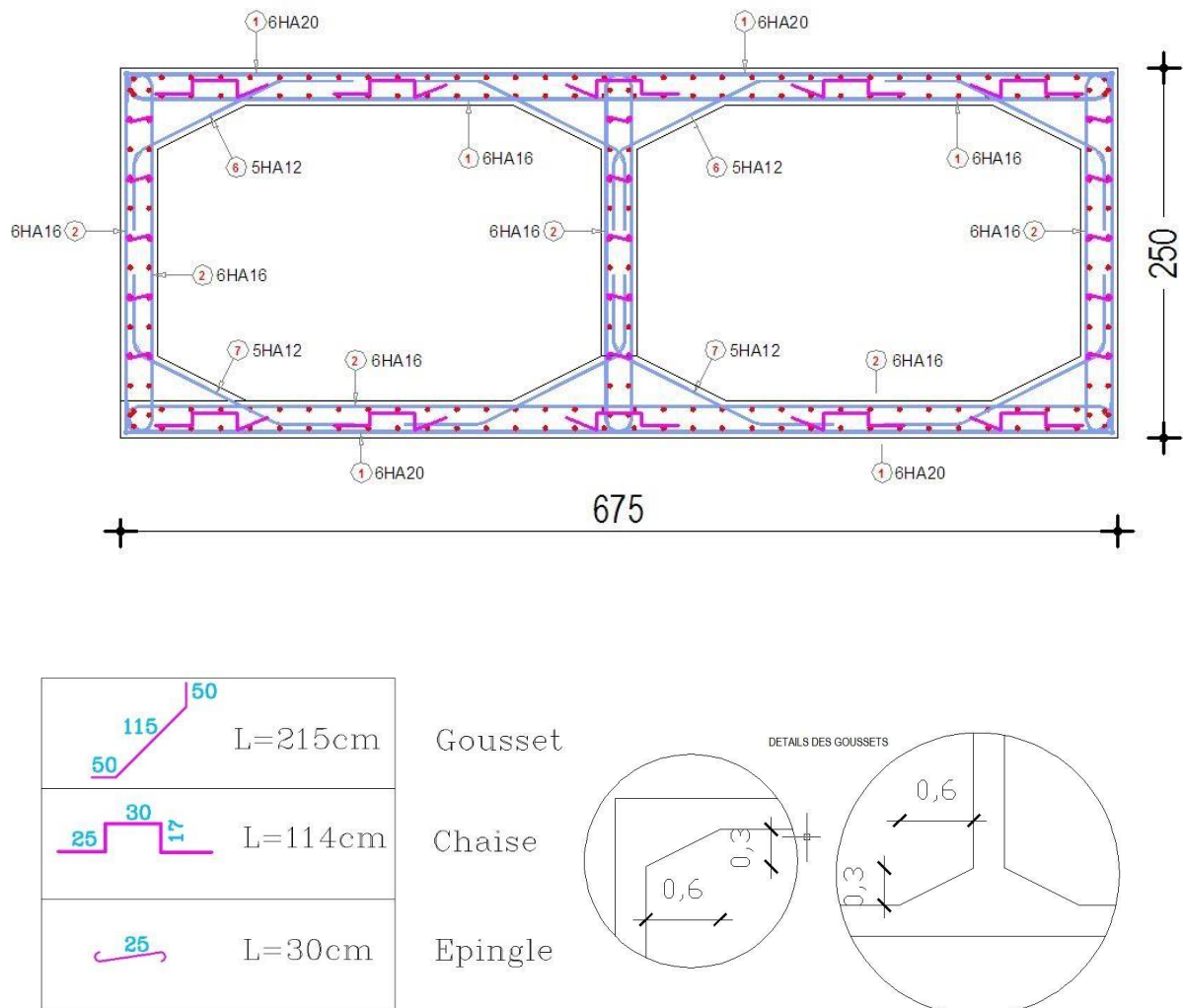


Figure IX.1 : Dessin de ferrailage des éléments du dalot

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation des travaux	U	Quantité	P.U (DA)	Montant (H.T)
1. INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER					
1.1	Installation de chantier	F	1	3 000 000,00	3 000 000,00
1.2	Repli de chantier	F	1	1 000 000,00	1 000 000,00
2. TERRASSEMENT					
2.1	Décapage de la terre végétale	M2	54000	65,00	3 510 000,00
2.2	Déblai mis en dépôt y compris transport à la décharge	M3	101003	250,00	25 250 750,00
2.3	Remblais en provenance d'emprunt y compris transport	M3	12436	400,00	497 400,00
3. CORPS DE CHAUSSEE					
3.1	F/Pose couche de fondation en Tuff sur 22 cm d'épaisseur	M3	7319,71	1450,00	10 613 582,98
3.2	Couche d'imprégnation en cut-back 0/1	M2	33271,42	60,00	1 996 285,20
3.3	F/Pose couche de base en GB sur 15 cm d'épaisseur	M3	4990,71	3900,00	19 463 780,70
3.4	Couche d'accrochage en émulsion 65%	M2	33271,42	50,00	1 663 571,00
3.5	F/Pose couche de roulement en BB sur 8 cm d'épaisseur	T	5790	4200,00	24 310 000,00
3.6	Rechargement des accotements en Tuff	M3	2851,84	1500,00	4 277 754,00
4. ASSAINISSEMENT					
4.1	Prolongement d'ouvrages busés	ML	99	1800,00	178 200,00
4.2	Fossés bétonnés	ML	–	1800,00	1 235 897,10
4.3	DALOT	ML	1	–	15 000 000,00
5. SIGNALISATION					
5.1	Signalisation	F	1%	–	1 119 992.21
Total (H.T)					113 119 213.19
TVA 19%					21 492 650.50
Total (T.T.C)					134 611 863.69
<p>Le montant s'élève à : Cent trente-quatre millions six cent onze mille huit cent soixante-trois dinars et soixante-neuf centimes.</p>					

Conclusion générale

Ce mémoire de fin d'études est considéré comme une première expérience de projet réel à réaliser.

Au cours de ce travail, nous avons apprécié l'importance des cours théorique que nous avons étudiés lors de notre formation au département de génie civil option Voies et Ouvrages d'Arts. Dans notre projet de dédoublement de la RN23 nous avons suivi le tracé de la route existante et récupéré la chaussée (cette route présente de bonnes caractéristiques géométriques). Nous avons introduit le long du tracé des courbes de raccordement en respectant les normes imposées par les règlements en vigueur pour assurer la sécurité et le confort de l'utilisateur, d'autre part nous avons évité le maximum des contraintes existantes à savoir les réseaux divers, les arbres, les surfaces bâties... tout ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics et spécialement les routes.

De plus c'était une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels Autocad, Covadis, Autopiste et Autodesk Robot Structural

Nous souhaitons que le travail que nous avons réalisé constitue un premier pas vers la vie professionnelle et sera un guide appréciable pour les futures promotions.

Catalogues et livres

- [1] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, CTTTP Algérie, Novembre 2001.
- [2] Etudes Générales Techniques et Economique des aménagements routiers. Norme technique d'aménagement des routes, Direction des travaux publics, Octobre 1977.
- [3] Signalisation routière, SETRA, Arrêté Interministériel du 15 juillet 1974.
- [4] Aménagement des routes principales, recommandations techniques pour la conception générale et la géométrie de la route, SETRA, Aout 1994.
- [5] Guide des terrassements routiers, GTR, SETRA, 2ème Edition, Juillet 2000.
- [6] NF P11-300. Norme française de Classification des sols.
- [7] Cours de routes : exercices corrigés, KALI Fatima, OPU 2016
- [8] Manuel de projet de route, KALI Fatima, 2ème Edition OPU 2012

Mémoires de fin d'études

1. SELLAMI Dounia, Etude du dédoublement de la route Nationale 20 entre OUED ZENATI et GUELMA [(PK 58+000 au PK 65+000)] Sur 7 km. Université de GUELMA, 2023
2. BENCHIKH.A et FETTAH.I, Etude en APD du dédoublement de la RN 127 reliant la wilaya de TISSEMSILT et l'autoroute Nord-Sud du PK 58+800 Au PK 69+000 avec conception d'un échangeur. ENSTP Alger 2023.
3. TOUHAMI.B et BENKHIAT.H , Etude de dédoublement de la route nationale 14 (TIARET-FRENDIA) sur 16 km du PK181+700 au PK197+700. ENSTP Alger 2021.
4. MAHAMAT.H et GORO.A, Etude du dédoublement de la RN14 sur un linéaire de 6.558 Kms du PK173+000 au PK179+558 avec un ouvrage d'art de 60m de portée. Université de TIARET 2016
5. AIMECHE.S et MECHOUMA.H , Etude d'un dédoublement de la RN 32reliant KHENCHELA à OUM EL BOUAGHI sur 8 Km. Université de KHENCHELA 2018.

Logiciels utilisés

1. AutoCAD 2013
2. Covadis 2013
3. Autopiste 2013
4. Microsoft Word 2016, PowerPoint 2016
5. Autodesk robot structural version 2010



ANNEXES

Annexe 1

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
1	113.000	12.50	8.78	0.95	109.705	11.819	110	12
2	138.000	25.00	6.31	14.44	157.787	360.935	267	373
3	163.000	25.00	5.59	19.60	139.652	489.996	407	863
4	188.000	25.00	12.18	6.87	304.590	171.861	712	1035
5	213.000	19.00	6.23	11.09	118.368	210.765	830	1245
5-1	226.000	12.50	5.77	11.17	72.064	139.600	902	1385
6	238.000	18.50	5.10	11.71	94.352	216.580	997	1602
7	263.000	21.43	7.13	7.09	152.796	151.921	1149	1753
7-1	280.866	12.50	7.35	4.63	91.847	57.837	1241	1811
8	288.000	16.07	4.56	6.84	73.101	110.198	1314	1922
9	313.000	25.00	4.52	5.06	112.549	127.170	1427	2049
10	338.000	25.00	4.33	1.92	107.358	48.471	1534	2097
11	363.000	25.00	3.69	0.55	91.646	13.742	1626	2111
12	388.000	20.33	6.17	0.54	123.483	11.018	1749	2122
12-1	403.666	12.50	10.16	0.11	124.967	1.397	1874	2123
13	413.000	17.17	4.36	1.72	73.253	29.932	1948	2153
14	438.000	25.00	8.73	0.35	216.744	8.712	2164	2162
15	463.000	25.00	4.57	0.34	112.964	8.424	2277	2170
16	488.000	25.00	2.96	4.13	72.673	105.075	2350	2275
17	513.000	25.00	2.69	3.43	66.080	86.919	2416	2362
18	538.000	25.00	8.45	0.20	208.719	5.027	2625	2367
19	563.000	25.00	2.89	2.02	71.316	50.655	2696	2418
20	588.000	25.00	3.09	7.30	76.148	187.138	2772	2605
21	613.000	25.00	3.27	5.49	80.521	140.295	2853	2745
22	638.000	19.20	3.94	21.38	74.304	420.745	2927	3166
22-1	651.396	12.50	10.20	8.16	124.829	104.335	3052	3271
23	663.000	18.30	7.32	1.13	132.168	21.157	3184	3292
24	688.000	25.00	9.51	0.35	235.619	8.764	3420	3300
25	713.000	25.00	9.30	0.49	230.649	12.219	3650	3313
26	738.000	25.00	9.41	0.27	234.208	6.631	3884	3319
27	763.000	18.10	5.70	0.23	103.024	4.243	3987	3324
27-1	774.197	12.50	3.83	0.60	47.834	7.493	4035	3331
28	788.000	19.40	3.18	1.29	61.727	24.983	4097	3356
29	813.000	25.00	2.18	1.23	54.551	30.731	4152	3387
30	838.000	25.00	3.38	2.97	84.442	74.214	4236	3461
31	863.000	25.00	0.29	6.97	7.272	174.238	4243	3635
32	888.000	25.00	0.83	7.47	20.756	186.809	4264	3822

33	913.000	25.00	0.39	4.79	9.714	119.680	4274	3942	
34	938.000	25.00	0.86	4.71	21.426	117.699	4295	4059	
35	963.000	25.00	1.14	6.79	28.557	169.796	4324	4229	
36	988.000	25.09	1.42	5.97	35.560	149.770	4359	4379	
37	1013.186	21.45	2.48	3.72	53.176	79.808	4412	4459	
37-1	1030.900	12.75	2.05	5.04	26.154	64.279	4439	4523	
38	1038.682	16.64	2.16	7.14	35.970	118.915	4475	4642	
39	1064.179	25.50	3.23	6.38	82.106	163.485	4557	4805	
40	1089.675	25.50	5.33	3.30	134.560	85.295	4691	4891	
41	1115.171	25.50	3.62	2.85	91.214	73.541	4783	4964	
42	1140.667	23.11	4.50	0.54	104.178	12.305	4887	4977	
42-1	1161.399	12.75	14.35	0.81	179.004	10.365	5066	4987	
43	1166.163	15.13	13.53	0.23	201.729	3.558	5267	4991	
44	1191.660	21.04	8.85	0.34	181.988	7.139	5449	4998	
44-1	1208.237	12.75	19.08	0.28	238.623	3.626	5688	5001	
45	1217.156	17.21	12.25	2.86	206.465	49.980	5894	5051	
46	1242.652	25.50	10.83	6.35	271.274	164.936	6166	5216	
47	1268.148	25.50	10.96	16.57	275.823	428.981	6442	5645	
48	1293.644	25.50	38.47	0.36	972.152	9.291	7414	5655	
49	1319.141	22.55	12.60	0.32	283.009	7.143	7697	5662	
49-1	1338.736	12.75	5.36	0.34	68.294	4.357	7765	5666	
50	1344.637	15.70	4.20	0.36	65.889	5.586	7831	5672	

	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
51	1370.133	25.50	3.50	1.07	89.147	27.393	7920	5699
52	1395.629	25.50	3.36	2.43	85.734	61.951	8006	5761
53	1421.126	25.50	0.73	5.63	18.511	143.546	8024	5904
54	1446.622	22.96	0.99	2.70	22.786	61.909	8047	5966
54-1	1467.042	12.75	1.53	2.09	19.465	26.738	8067	5993
55	1472.118	15.29	2.22	1.53	34.112	23.920	8101	6017
56	1497.614	25.50	11.78	11.65	293.105	305.635	8394	6323
57	1523.110	25.50	29.39	7.59	731.821	195.888	9126	6519
58	1548.607	25.50	19.67	3.24	488.542	84.767	9614	6603
59	1574.103	25.50	11.90	0.49	299.262	12.653	9913	6616
60	1599.599	25.50	21.19	0.49	533.183	12.363	10447	6628
61	1625.095	25.50	27.55	0.43	692.545	10.925	11139	6639
62	1650.591	22.23	21.53	1.73	468.506	39.129	11608	6678
62-1	1669.561	12.75	11.37	14.91	142.698	193.584	11750	6872
63	1676.088	16.01	5.55	19.88	88.840	318.279	11839	7190
64	1701.584	25.50	1.37	28.96	34.814	738.352	11874	7929
65	1727.080	25.50	6.07	3.96	154.767	101.085	12029	8030
66	1752.576	25.50	5.82	3.26	148.313	83.085	12177	8113
67	1778.072	25.50	4.84	0.68	123.341	17.343	12300	8130
68	1803.569	25.50	2.92	9.25	74.550	235.922	12375	8366
69	1829.065	25.50	2.39	4.26	61.062	108.543	12436	8475
70	1854.561	25.50	1.01	15.77	25.712	402.176	12462	8877

71	1880.057	25.50	8.89	4.52	226.616	115.308	12688	8992
72	1905.554	25.50	9.60	5.56	244.760	141.720	12933	9134
73	1931.050	25.50	0.38	3.35	9.641	85.287	12943	9219
74	1956.546	25.50	1.43	2.05	36.559	52.282	12979	9271
75	1982.042	18.04	0.84	6.57	15.168	118.468	12994	9390
75-1	1992.624	12.75	0.93	9.21	11.862	117.370	13006	9507
76	2007.538	20.21	0.97	10.70	19.703	215.450	13026	9723
77	2033.035	25.50	6.26	8.93	160.636	225.630	13187	9948
78	2058.531	25.50	6.93	0.34	175.645	8.795	13362	9957
79	2084.027	25.50	8.60	0.36	216.968	9.210	13579	9966
80	2109.523	18.19	22.57	0.21	403.269	3.796	13983	9970
80-1	2120.404	12.75	29.71	0.14	371.369	1.784	14354	9972
81	2135.019	20.06	24.66	0.33	484.943	6.547	14839	9978
82	2160.516	12.96	9.89	1.94	125.140	25.536	14964	10004
82-1	2160.940	12.75	9.90	1.73	123.360	22.381	15087	10026
83	2186.012	25.28	5.00	0.59	126.052	14.689	15213	10041
84	2211.508	25.50	5.26	0.34	132.757	8.712	15346	10050
85	2237.004	25.50	1.70	6.13	43.758	154.438	15390	10204
86	2262.500	25.50	0.58	17.58	14.786	445.991	15405	10650
87	2287.997	13.11	1.29	15.43	16.874	201.970	15422	10852
87-1	2288.720	12.75	1.21	15.11	15.462	192.670	15437	11045
88	2313.493	25.13	1.60	8.19	40.274	205.827	15477	11251
89	2338.989	25.50	1.20	7.03	30.612	179.294	15508	11430
90	2364.485	25.50	0.95	6.31	24.276	160.830	15532	11591
91	2389.982	25.50	1.71	3.10	43.513	79.072	15576	11670
92	2415.478	25.50	0.49	7.72	12.572	196.769	15588	11867
93	2440.974	25.50	3.01	5.39	76.782	137.503	15665	12004
94	2466.470	25.50	11.93	1.17	304.195	29.770	15969	12034
95	2491.966	16.10	20.35	0.29	327.535	4.687	16297	12039
95-1	2498.663	12.75	17.88	0.35	226.159	4.515	16523	12043
96	2517.463	22.15	11.38	0.33	250.356	7.309	16773	12050
97	2542.959	25.50	4.42	0.86	114.239	21.581	16888	12072
98	2568.455	25.50	5.08	0.33	129.899	8.517	17017	12080
99	2593.951	25.50	5.26	0.59	134.082	15.219	17152	12096
100	2619.447	25.50	8.21	0.55	212.781	13.853	17364	12110
101	2644.944	25.50	7.74	0.96	200.319	24.324	17565	12134
102	2670.440	25.50	9.11	4.02	235.815	100.970	17800	12235
103	2695.936	25.50	8.75	3.21	226.609	80.677	18027	12316
104	2721.432	25.50	10.01	4.73	259.038	118.765	18286	12434
105	2746.928	25.50	6.48	0.33	167.310	8.302	18453	12443
106	2772.425	25.50	7.64	3.81	197.677	95.679	18651	12538

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
107	2797.921	25.50	9.01	3.63	233.238	91.031	18884	12629
108	2823.417	25.50	9.25	3.87	239.380	97.088	19124	12726
109	2848.913	25.50	9.83	4.28	254.652	107.275	19378	12834
110	2874.410	25.50	9.52	4.36	246.454	109.351	19625	12943
111	2899.906	25.50	8.59	4.23	222.397	106.140	19847	13049
112	2925.402	25.50	8.99	3.74	232.840	93.923	20080	13143
113	2950.898	25.50	8.53	3.76	220.893	94.340	20301	13237
114	2976.394	25.50	8.10	3.96	209.770	99.274	20511	13337
115	3001.891	25.50	8.27	4.00	214.115	100.464	20725	13437
116	3027.387	19.28	8.90	4.87	174.293	92.520	20899	13530
116-1	3040.460	12.75	8.53	2.66	109.582	33.673	21009	13563
117	3052.883	18.96	8.12	1.47	153.978	27.827	21163	13591

118	3078.379	25.50	8.76	0.16	223.230	4.002	21386	13595
119	3103.875	25.50	6.47	0.38	164.838	9.592	21551	13605
120	3129.372	25.50	7.32	4.60	186.700	117.306	21737	13722
121	3154.868	25.47	4.01	5.48	102.192	139.531	21840	13862
122	3180.316	25.22	4.79	7.84	120.829	197.707	21961	14059
123	3205.316	25.00	11.09	4.94	277.152	123.621	22238	14183
124	3230.316	25.00	3.44	11.69	86.119	292.251	22324	14475
125	3255.316	25.00	3.41	11.85	85.240	296.332	22409	14772
126	3280.316	25.00	2.48	11.26	62.084	281.611	22471	15053
127	3305.316	25.00	3.69	7.73	92.214	193.169	22563	15246
128	3330.316	25.00	2.93	7.67	73.189	191.716	22637	15438
129	3355.316	25.00	3.39	6.47	84.785	161.840	22721	15600
130	3380.316	25.00	3.02	5.99	75.424	149.720	22797	15750
131	3405.316	25.00	2.63	4.88	65.775	122.115	22862	15872
132	3430.316	22.83	2.02	5.81	46.196	132.605	22909	16004
133	3450.972	10.33	5.17	1.44	53.409	14.882	22962	16019

Annexe 2

Axe En Plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abcisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 251.3412 g	167.866	113.000	12128.992	613.650	
Clothoïde 1	Paramètre -202.825	122.800	280.866	12007.819	497.478	
Arc 1	Rayon -335.000 m	247.731	403.666	11914.293	418.182	
	Centre X 11730.412 m					
	Centre Y 698.204 m					
Clothoïde 2	Paramètre 202.825	122.800		11677.554	367.401	
Droite 2	Gisement 321.7553 g	256.703		11559.734	401.364	

Clothoïde 3	Paramètre	-197.863	130.499	651.396	11317.875	487.390
Arc 2	Rayon	-300.000 m	46.838	774.197	11198.663	539.800
	Centre X	11357.823 m		1030.900		
	Centre Y	794.099 m		1161.399		
Clothoïde 4	Paramètre	197.863	130.499	1208.237	11161.056	567.642
Droite 3	Gisement	359.3875 g	128.306	1338.736	11076.131	666.365
Arc 3	Rayon	300.000 m	202.520	1467.042	10999.719	769.436
	Centre X	10758.722 m				
	Centre Y	590.773 m				
Droite 4	Gisement	316.4115 g	323.063	1669.561	10835.206	880.860
Clothoïde 5	Paramètre	-195.790	127.780	1992.624	10522.819	963.223
Arc 4	Rayon	-300.000 m	40.537	2120.404	10402.126	1004.395
	Centre X	10538.194 m				
	Centre Y	1271.763 m				
Clothoïde 6	Paramètre	195.790	127.780	2160.940	10367.348	1025.162
Droite 5	Gisement	352.1293 g	209.943	2288.720	10273.858	1111.889
Arc 5	Rayon	450.000 m	541.798	2498.663	10130.454	1265.222
	Centre X	9801.793 m				
	Centre Y	957.843 m				
Droite 6	Gisement	275.4807 g	410.511	3040.460	9632.729	1374.877
				3450.972	9252.290	1220.649
Longueur totale de l'axe 3337.972 mètre(s)						