

**UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DE GRANDS LACS
ULPGL GOMA**



B.P : 368 GOMA

FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES APPLIQUEES

***Etude comparative technico-économique
d'une chaussée revêtue en béton
bitumineux et d'une chaussée revêtue en
pavés : cas du tronçon Collège Mwanga-
Birere***

Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Gradué en
Sciences et Technologies Appliquées

PAR: KASOKI LWANZO Louange

Option : Génie Civil

Encadreur : Ass Ir SYAITSUTSWA Patrick

Directeur : Dr Ir MUHIWA AMBOKO

2021 - 2022

Epigraphe

« « L'expérience est une bougie qui n'éclaire que celui qui la porte »

CONFUCIUS

Remerciements

Nos sincères remerciements s'adressent :

Au Dieu tout puissant,

Pour ce don de vie qu'il ne cesse de nous accorder depuis notre naissance jusqu'à aujourd'hui ;

Pour ce précieux potentiel intellectuel qu'il nous a doté;

Pour l'opportunité de cette première rédaction d'un travail académique;

Il nous serait ingrat de ne pas reconnaître les efforts des différentes personnes qui ont d'une manière ou d'une autre contribué de près ou de loin aussi bien à l'aboutissement qu'à la réalisation du présent travail ;

Nous remercions également tout le personnel académique et administratif de la faculté des sciences et des technologies appliquées, en particulier le Dr Ingénieur Amboko MUHIWA, notre directeur ; ainsi que l'ingénieur Patrick SYAITSUTSWA pour leur aide précieuse

Nous adressons également nos sincères remerciements à ma mère MATABISHI Nadine pour son soutien tant moral, spirituel que financier qu'elle n'a cessé de nous accorder sans oublier aussi papa KALALA Marcel ; et enfin nous remercions tous nos amis de la promotion pour leur solidarité.

Table des matières

| | |
|--|----------|
| Epigraphe | i |
| Remerciements..... | ii |
| Table des matières | iii |
| Liste des tableaux..... | vii |
| Liste des figures | viii |
| Résumé..... | ix |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| 1. Contexte | 1 |
| 2. Problématique | 1 |
| 3. Hypothèses | 1 |
| 4. Méthodologie | 2 |
| 5. Intérêt | 2 |
| 6. Subdivision | 2 |
| CHAP I. GENERALITES ET MATERIAUX | 3 |
| I.1 LA CHAUSSEE ^[1] | 3 |
| I.1.1 QUELQUES TERMES TECHNIQUES PROPRES AUX TRAVAUX ROUTIERS..... | 4 |
| I.1.2 CONSTITUTION DE LA CHAUSSEE..... | 5 |
| A. Couche de revêtement | 5 |
| B. Couche de base | 6 |
| C. Couche de fondation..... | 6 |
| D. Sol de l'infrastructure | 6 |
| I.1.3 CLASSIFICATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEES | 8 |
| 1) Chaussées ou structures souples | 8 |
| 2) Chaussées ou structures bitumineuses | 8 |
| 3) Chaussées semi – rigides..... | 8 |
| 4) Structures mixtes | 8 |
| 5) Structures inverses..... | 8 |

| | |
|---|----|
| 6) Structures rigides (structures à béton de ciment) | 9 |
| I.2 MATERIAUX CONSTITUTIFS DES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA STRUCTURE | 9 |
| I.2.1 L'Enrobé bitumineux ^[2] | 9 |
| I.2.2 Les granulats ^[3] | 12 |
| I. Classification selon la provenance | 13 |
| II. Classification selon la grosseur | 14 |
| I.3 ETUDE DE LA ROCHE VOLCANIQUE DE GOMA | 15 |
| I.3.1 TYPES DE PIERRE NATURELLE | 16 |
| I.3.2 GENERALITES SUR LE PAVAGE | 18 |
| I.4 CONCLUSION PARTIELLE | 20 |
| CHAP. II METHODOLOGIE DU TRAVAIL | 21 |
| II.1 PRESENTATION DU SITE | 21 |
| II.2 Vocation de la route ^[7] | 22 |
| A. Les voies de transit, interurbaines ou périurbaines et les voies de Z.I | 23 |
| B. Les voies de liaison, structurantes ou pénétrantes | 23 |
| C. Les voies de distribution | 24 |
| Les voies de lotissement et les voies rurales | 25 |
| II.3. Influence du trafic..... | 25 |
| II.3.1 Différents types de trafics | 26 |
| II.3.2 Charges à l'essieu..... | 26 |
| II.3.3 Calcul de trafic cumulé | 27 |
| II.4. Tracé en plan | 29 |
| II.4.1 Raccordement circulaire | 29 |
| II.4.2 Raccordement progressif | 31 |
| II.5. Profil en long | 32 |
| 0. Le profil en long du terrain naturel | 32 |
| 1. Le profil en long du projet | 32 |
| II.6 Profil en travers | 33 |
| 1. Définition | 33 |
| 2. Types de profils en travers | 33 |

| | |
|---|-----------|
| II.7. Reconnaissance géotechnique | 34 |
| II.8. Cubatures des terrassements | 35 |
| II.9. Conditions de mise en œuvre..... | 37 |
| II.9.1. Plate-forme | 37 |
| II.9.2. Couche de forme..... | 38 |
| II.9.3. Couche de fondation..... | 38 |
| II.9.4. Couche de base | 38 |
| II.9.5. Les accotements. ^[8] | 39 |
| II.10. Dimensionnement des chaussées ^[7] | 39 |
| II.10.1. Les méthodes empiristes..... | 40 |
| II.10.2. Les méthodes mécanistiques | 41 |
| II.10.3. Choix de la méthode de dimensionnement..... | 43 |
| II.11. Evacuation des eaux sur la chaussée | 43 |
| CHAP III PRESENTATION DES RESULTATS | 45 |
| III.1 DIMENSIONNEMENT | 45 |
| III.1.1 Le trafic | 45 |
| III.1.2 Durée de service..... | 46 |
| III.1.3 La plate-forme | 46 |
| III.2 PRESENTATION DES RESULTATS..... | 48 |
| III.2.1 Profil en long du projet..... | 49 |
| Figure 3.2. Profil en travers. Source : Civil 3D | 50 |
| III.2.3 Tracé en plan | 50 |
| Figure 3.3. Tracé en plan. Source : Civil 3D | 50 |
| III.2.4 Calcul des cubatures des terrassements | 50 |
| III.2.5 Mouvement de terres | 51 |
| III.3. COMPARAISON TECHNICO ECONOMIQUE..... | 52 |
| III.3.1 Du point de vue technique | 52 |
| III.3.2. Du point de vue économique | 53 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 58 |
| Bibliographie | 59 |

Liste des abréviations

RDC : République Démocratique du Congo

ULPGL : Université Libre des Pays des Grands Lacs

GNT : Graves Non Traités

C.B.R : Californian Buring Ratio

P.L : Poids Lourd

OPM : Optimum Proctor Modifié

CEBTP : Centre Expérimental de recherche et d'études du Bâtiment et des Travaux Publics

TAMJ : Trafic Annuel Moyen Journalier

BB : Béton bitumineux

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Caractérisation des granulats

Tableau 2.1 Les classes de trafic PL retenues pour les différentes vocations de voie

Tableau 2.2 CBR pour couche de forme

Tableau 2.3 Classe de trafic

Tableau 2.4 Classe des sols

Tableau 2.5 Coefficient d'agressivité structurelle moyen du trafic

Tableau 2.6 Valeurs du coefficient de ruissellement

Tableau 3.1 Devis estimatif chaussée souple

Tableau 3.2 Devis estimatif chaussée en pierres

Liste des figures

Figure 1.1 Profil en travers d'une chaussée

Figure 1.2 Nomenclature d'une chaussée

Figure 2.1 Carte du tronçon d'étude

Figure 2.2 Illustration du profil en long

Figure 2.3 Profil en travers en remblais

Figure 2.4 Profil en travers déblais

Figure 2.5 Profil en travers mixte

Figure 2.6 Profil en long

Figure 2.7 Accotement

Figure 3.1 Profil en long du projet

Figure 3.2 Profil en travers type du projet

Figure 3.3 Tracé en plan du projet

Résumé

Le présent travail consiste à faire une étude comparative entre les chaussées revêtues en béton bitumineux et celles revêtues en pavés sur le tronçon Collège Mwanga – Birere.

Cette étude permettra de palier à plusieurs problèmes qui sont liés à cet axe notamment : le mauvais état de la route, la stagnation des eaux, etc. Ces difficultés sont un obstacle pour la bonne circulation des usagers de cet axe et les activités culturelles qui y sont organisées.

Pour parvenir à bout de notre étude : le dimensionnement de la chaussée a été fait par la méthode CEBTP pour les deux types des chaussées et le logiciel CIVIL 3D nous a permis de générer tous les profils et la cubature .

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte

Après toutes les connaissances que nous avons eu à acquérir plus particulièrement dans les cours des Routes, Topographie , nous nous sommes focalisés sur la question des routes mal construites dans notre pays afin d'apporter notre petite notion en contribution au grand chantier qu'est notre pays la République Démocratique du Congo(RDC) dans le but de contribuer à améliorer les conditions de vie de notre population en favorisant la circulation routière, en faisant baisser le nombre d'accidents dans notre chère ville. La construction de la route est un domaine qui a beaucoup évolué au fil du temps.

2. Problématique

La ville de Goma est l'une des villes de la RDC qui n'échappe pas aux problèmes liés à la stagnation des eaux sur certaines de ses chaussées. Elle a aussi l'un des plus haut taux d'urbanisation dans le pays. Chaque année des kilomètres de route y sont revêtus soit en asphalte soit en pavés. Le tronçon collège Mwanga– Birere donne accès au collège Mwanga qui reçoit des festivals internationaux et qui bientôt sera doté d'un parc d'attraction. Ce tronçon est un raccourci qui relie le quartier Office au centre commercial de Goma, Birere.

La problématique de notre travail se résume en une question : entre les chaussées revêtues en béton bitumineux et celles revêtues en pavés en pierres naturelles, laquelle est mieux adaptée pour cet axe ? Du point de vue technique, économique, résistance, laquelle de deux chaussées serait plus efficace pour cet axe.

3. Hypothèses

L'axe Collège – Birere serait efficace, c'est une évidence. Nous suggérons qu'à travers des entretiens et conférences avec des potentiels financiers des travaux de ce genre ayant pour but de leur montrer l'importance de revêtir cet axe pourraient susciter leur intérêt et ainsi ce tronçon pourrait être revêtu.

4. Méthodologie

Afin de réaliser notre travail, nous allons faire recours à des méthodes et techniques telles que la recherche des données, l'observation. Nous allons aussi faire référence à la recherche documentaire qui va nous mener à faire la consultation des bibliothèques tant physiques que virtuelles pour lire les documents traitant notre sujet d'étude.

5. Intérêt

C'est depuis peu, sous l'initiative de la Banque mondiale, du Fonds social et d'autres organisations que certains axes routiers de la ville de Goma ont commencé à être revêtus. Le revêtement d'une route doit répondre à certaines normes et aux besoins des usagers. Dans le but de donner des notes de référence fiables et actualisées comparant les chaussées bitumineuses aux chaussées en pavés, nous nous sommes choisis ce sujet ci haut cité. Ce travail pourra servir de guide aux ingénieurs et aux professionnels de route.

6. Subdivision

Pour les parties essentielles de notre travail à part l'introduction et la conclusion générale, nous allons procéder comme suit : le premier chapitre va parler des généralités et des matériaux, le deuxième chapitre abordera la méthodologie de notre travail et la présentation, de notre tronçon et le troisième chapitre abordera le dimensionnement et la présentation des résultats.

CHAP I. GENERALITES ET MATERIAUX

Dans ce chapitre nous allons essayer de définir quelques termes techniques propres aux travaux routiers, parler des matériaux constitutifs des différents éléments de la structure et faire une étude sur la roche volcanique de Goma.

I.1 LA CHAUSSEE ^[1]

La compréhension de la chaussée peut s'établir selon que l'on réfléchisse suivant son comportement géométrique ou sa composition structurale. D'un point de vue géométrique, la chaussée est la partie de la route sur laquelle circulent les véhicules.

D'un point de vue structurale, la chaussée est l'ensemble formé des couches de structure d'une route, elle comprend de bas en haut : La plate-forme support de la chaussée, les couches d'assises et les couches de surface.

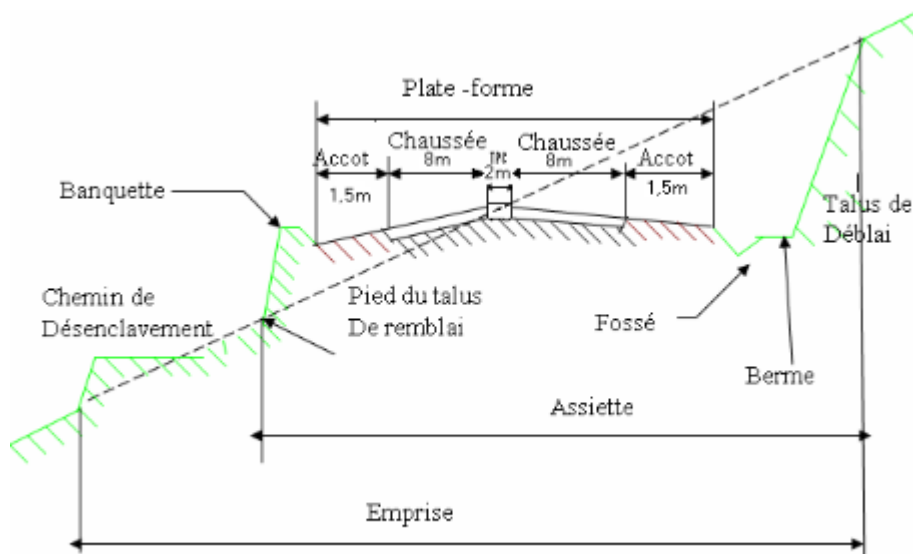


Fig.1.1 profil en travers d'une chaussée

I.1.1 QUELQUES TERMES TECHNIQUES PROPRES AUX TRAVAUX ROUTIERS

• Un accotement : est une partie de la plate-forme aménagée entre la chaussée et le talus dont la longueur varie 1 et 3 mètres. Il peut jouer certains rôles comme :

- Support latéral à la structure de la chaussée ;
 - Refuge aux véhicules arrêtés ou en pannes ;
 - Permet la circulation des véhicules d'urgence ;
 - Protège l'automobiliste lors du dépassement imprévu en lui évitant une collision frontale.
- La Plate-forme : est la surface de la route qui comprend une ou plusieurs chaussées, les accotements, et éventuellement une TPC (Terre- Plein- Central).
 - Une emprise : est la surface du terrain juridiquement affecté à la route et à ses annexes, elle est au minimum égale à l'assiette.

La largeur de l'emprise est de l'ordre de 30m pour les routes, et de 70 à 100m pour les autoroutes.

- Un fossé : est une excavation pouvant être aménagée de part et d'autre de la plate-forme, destinée à l'assainir en collectant les eaux de ruissellement.
- L'assiette : est la surface du terrain réellement occupée par la route et ses dépendances ou annexes. D'où Assiette = plate-forme + fossé + talus + toutes les dépenses et les ouvrages affectés au drainage.
- Un talus : est une partie de la route comprise entre l'accotement et le fossé.
- Un dévers : est une inclinaison transversale de la route. Il joue un rôle crucial selon qu'on est en alignement droit ou en courbe. En effet, dans le cas d'un alignement droit, le dévers est destiné à évacuer les eaux superficielles, alors que dans le cas d'un

alignement en courbe, non seulement il évacue les eaux de ruissellement mais également il compense une partie de la force centrifuge.

I.1.2 CONSTITUTION DE LA CHAUSSEE

La chaussée est du point de vue structurale, un ouvrage à grande envergure constituant un système multicouche où chacune des couches joue un rôle important.

La chaussée est constituée des plusieurs couches superposées. Distinguons à ce niveau, l'Infrastructure à la structure routière.

En effet, la structure est la composante de la chaussée formée de la couche de fondation, couche de base et celle de revêtement. Tandis que l'Infrastructure est l'ensemble des couches inférieures obtenues suite aux opérations de remblayage et de déblayage, on cite dans cette idée le sol support.

La nécessité s'impose dans la suite de connaître la nature (matériau), le rôle structural, le rôle fonctionnel et autres renseignements sur chacune des couches de la chaussée.

A. Couche de revêtement

Le revêtement ou couche de roulement est une couche de surface qui est généralement faite dans nos pays (tropicaux) en béton bitumineux (mélange à chaud des granulats et des bitumes).

Les rôles du revêtement sont :

- 1) Distribution de la charge (diffusion de la contrainte)
- 2) Etanchéité : le bitume est imperméable, il empêche l'infiltration de l'eau
- 3) Confort au roulement
- 4) Adhérence pneumatique chaussée

B. Couche de base

Dans nos pays (tropicaux), la couche de base est généralement faite des latérites (non traitées). Si le niveau de trafic est plus élevé, on peut recourir à la latérite ciment.

La couche de base présente plusieurs rôles, entre autres :

- 1) Distribution des charges
- 2) Drainage (si matériau non lié)
- 3) Surface de travail pour la mise en place du revêtement

C. Couche de fondation

Les exigences pour cette couche n'étant pas élevées, la latérite pourra faire un bon matériau. On utilise aussi pour cette couche la latérite ciment, ou le grave bitume même si cela est rare en raison du coût.

La couche de fondation joue les rôles suivants :

- 1) Drainer la couche de base
- 2) Empêcher la contamination du sol support à la couche de base
- 3) Distribuer les charges
- 4) Atténuer les effets de gel – dégel (pays du nord)
- 5) Assurer le passage infrastructure – couche de base

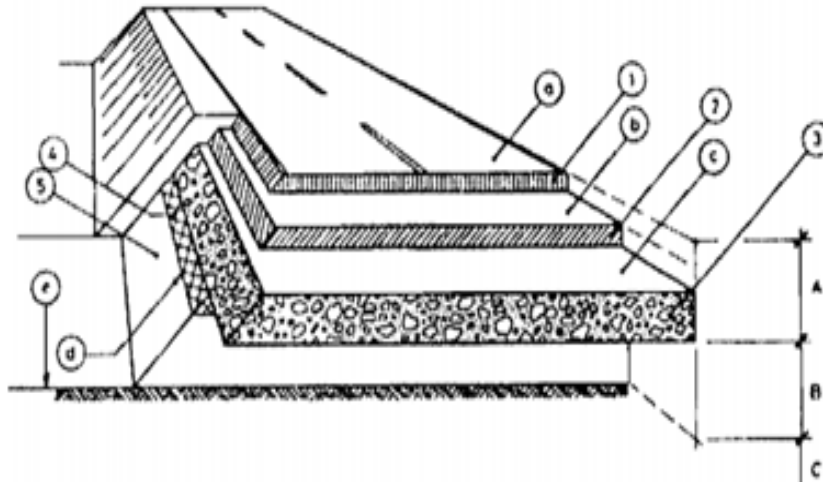
D. Sol de l'infrastructure

Le sol de l'infrastructure résulte des opérations de terrassement (mouvement des terres). Il s'agit évidemment du terrain naturel c'est-à-dire du sable, argile, etc... ou alors des matériaux de remblai, c'est-à-dire le sol ou le roc.

Les rôles du sol de l'infrastructure sont :

- 1) Offrir une plate-forme pour la construction et le support de la chaussée ;
- 2) Assurer le drainage au moyen de sa pente en surface ;
- 3) Compliquer la vie du concepteur.

Fig.1.2 Nomenclature d'une chaussée



| A - Superstructure | B - Infrastructure | C - Terrain naturel |
|--------------------------------------|--|---|
| a - surface de roulement | d - plate forme ou forme de l'infrastructure | e -surface du terrain naturel (+évent. remblai) |
| 1 - couche de roulement | 4 - couche de transition | |
| b - surface de la couche de base | 5 - couche de forme | |
| 2 - couche de base | | |
| c -surface de la couche de fondation | | |
| 3 - couche de fondation | | |

I.1.3 CLASSIFICATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEES

Selon la Norme Française, on distingue six catégories de chaussées :

1) **Chaussées ou structures souples**

Dans ces types de structures, l'épaisseur totale de la couverture bitumineuse est inférieure ou égale à 12cm. Elle repose sur une assise constituée d'une ou plusieurs couches GNT d'épaisseur totale supérieure ou égale à 15cm.

2) **Chaussées ou structures bitumineuses**

Dans ces types de structures, les couches de surface et de base sont en matériaux bitumineux. La couche de fondation éventuelle peut être en matériaux bitumineux ou en GNT.

3) **Chaussées semi – rigides**

Dans ces types de structures, les couches de surface (couche de roulement et éventuellement couche de liaison) sont constituées de matériaux bitumineux, elles reposent sur une assise constituée de matériaux traités aux liants hydrauliques.

4) **Structures mixtes**

Dans ces types de structures, les couches d'assise sont constituées de deux matériaux différents. La couche de base est en matériaux bitumineux à l'exclusion des enrobés à module élevé et la couche de fondation est en matériaux traités aux liants hydrauliques.

5) **Structures inverses**

Dans ces types de structures, les couches d'assise sont constituées d'une couche de base en matériaux bitumineux qui repose sur une couche intermédiaire en

GNT d'épaisseur comprise entre 10 et 12 cm reposant elle-même sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques.

6) Structures rigides (structures à béton de ciment)

Ces structures comportent une couche en béton de ciment d'au moins 12cm. Les couches de base et de roulement peuvent former une seule et même couche appelée couche de base – roulement.

I.2 MATERIAUX CONSTITUTIFS DES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA STRUCTURE

I.2.1 L'Enrobé bitumineux ^[2]

Le béton bitumineux (enrobé bitumineux) est composé de différentes parties de gravillons, de sable et utilise le bitume comme liant. Le mélange est réalisé à chaud dans des usines appelées « centrales à enrobés », fixes ou mobiles, utilisant un procédé de fabrication continu ou par gâchées. Le fascicule 25 du CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales) distingue, à sa date de rédaction (juin 1989), les techniques suivantes :

- i. Bétons bitumineux semi grenus destinés aux couches de roulement et de liaison pour les travaux de construction, renforcement et entretien sur support à très faible déformabilité, réalisés en épaisseur de 6 à 9 cm ;
- ii. Bétons bitumineux cloutés destinés aux couches de roulement réalisés avec les mêmes conditions de support en épaisseur d'environ 6 cm ;
- iii. Enrobés discontinus en couches minces (3 à 4 cm) ou très minces (2 à 3 cm) pour les couches de roulement ;
- iv. Bétons bitumineux cloutés en couche mince en épaisseur de 3 cm environ ;
- v. Enrobés drainants pour couches de roulement, réalisés en épaisseur de 4 cm sur support en matériaux bitumineux ;

vi. Enrobés souples pour chaussées déformables.

- les liants

On distingue deux grands groupes de liants : les liants minéraux (liants hydrauliques et aériens) et les liants organiques. Les liants minéraux sont des poudres finement broyées qui, mélangées à l'eau, forment une pâte plastique qui à son tour durcit pour former un matériau solide, véritable roche artificielle.

Les liants organiques sont des liants hydrocarbonés. Ils sont encore appelés liants bitumineux ou goudronneux. Ce sont des mélanges composés d'hydrocarbures avec le soufre, l'oxygène, l'azote dont les propriétés physico-mécaniques varient en fonction de la température. Ils sont noirs, visqueux, peuvent durcir et se conserver pendant une longue durée sans addition d'eau, mais par simple abaissement de température.

Quelques exemples de liants

- Le goudron ;
- Les plâtres ;
- Le bitume ;
- La chaux aérienne ;
- Le ciment.

Les bitumes

D'après leur origine, on distingue les bitumes naturels et les bitumes de pétrole. Les bitumes naturels sont très rares, tandis que les bitumes de pétrole sont des produits de traitement du pétrole et de ses résidus résineux, donc ils sont fréquents.

Les propriétés les plus importantes des bitumes et des goudrons sont : la capacité de bien adhérer aux matériaux en pierre, aux métaux et aux bois, d'acquiescer la plasticité lors du

chauffage et d'augmenter rapidement de viscosité lors du refroidissement, l'imperméabilité à l'eau, la résistance aux acides, alcalins, aux liquides agressifs et aux gaz.

A part toutes ces caractéristiques, le bitume se caractérise également par :

- la capacité de résister aux agents atmosphériques dans les éléments de construction ;
- l'adhésion des bitumes aux matériaux pierreux ;
- la stabilité dans l'ambiance aqueuse, qui est déterminée par la teneur en huile, résines et asphaltes ;
- la liaison qui caractérise la solidité des liaisons intermoléculaires ;

Le bitume est vraiment indispensable dans la construction vu toutes ses propriétés (qualités).

Mise en œuvre du béton bitumineux

La mise en œuvre des enrobés se fait toujours par compactage, ce qui provoque la difficulté du traitement des émergences et provoque parfois une absence d'homogénéité du revêtement. Elle doit se produire lors de conditions atmosphériques adaptées : il faut éviter le froid et les périodes pluvieuses importantes. Avant la mise en œuvre de la couche d'enrobé, il faut :

- Vérifier le profil en travers de la voirie (pente en travers de l'ordre de 2 à 3%)
- Tenir compte de la gestion des eaux pluviales
- S'assurer de la portance de la structure

Ensuite pour procéder à sa réalisation, on suit les étapes suivantes :

- On forme l'émulsion (rupture, coalescence,) ;
- On procède au pré enrobage ;
 - Pré enrobage du sable ;
 - Pré enrobage des gravillons ;

- On incorpore les différents additifs ;
 - Rupteur ;
 - Agent stabilisant ;
- On refroidit légèrement le produit ainsi réalisé.

I.2.2 Les granulats ^[3]

Les granulats sont le constituant de base de la majorité des travaux en Génie Civil. Il est donc important de maîtriser l'ensemble de leurs propriétés (et influences) ; tant du point de vue de leurs élaborations, que de leurs utilisations (mise en œuvre) ; et ce, afin de maîtriser le coût tout en respectant les critères de qualité. On appelle granulats des matériaux pierreux de petites dimensions, produits par l'érosion ou le broyage mécanique (concassage) des roches. Ce sont des matériaux inertes entrant dans la composition des bétons et mortiers. Ils constituent le squelette du béton et ils représentent, environ 80% du poids total du béton. Ils sont constitués de sables (Gros et Fin) et de gravier. Cependant, les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité pour qu'ils soient utilisés dans le béton. Il y a deux intérêts d'utiliser les granulats dans le béton : le premier économique : Diminution de la quantité de liant (ciment et addition) ; le deuxième technique : limitent les variations dimensionnelles dans le béton.

Les granulats sont classés en plusieurs catégories avec des spécifications typiques pour chacune d'elles. La catégorie A correspond aux granulats destinés à la confection des bétons de qualité tels que ceux destinés à la construction d'ouvrages d'arts ou de bâtiments pour lesquels la résistance caractéristique R_c est supérieure ou égale à 35MPa. Eventuellement certaines caractéristiques des catégories B et C sont tolérées pour ces applications. Les granulats de la catégorie B sont consacrés à de bons bétons ainsi qu'à ceux pouvant être situés dans un environnement agressif, à la condition que leur coefficient d'absorption réponde aux prescriptions imposées aux granulats de catégorie A. Quant aux granulats de catégories C et D, ils conviennent pour la confection des bétons courants pourvu que, dans

l'utilisation le cas des granulats D, seules deux de leurs caractéristiques soient présentes et que les autres correspondent à celles des catégories supérieures.

I. Classification selon la provenance

On appelle granulat un ensemble de grains d'origine minérale, de dimensions comprises entre 0 et 80 mm, provenant de roches meubles, massives, de minerais ou de leurs transformations thermiques et de sous-produits de l'industrie.

Les granulats sont dits naturels lorsqu'ils sont extraits de leur site géologique d'origine et artificiels dans les autres cas ; ils sont dits légers lorsque leur masse volumique réelle est inférieure à 2g/cm^3 , courants si leur masse volumique réelle est comprise entre 2 et 3g/cm^3 et lourds au-delà de 3g/cm^3 . Les granulats les plus couramment utilisés dans le bâtiment et le génie civil ont une masse volumique réelle comprise entre 2 et 3g/cm^3 .

I.1 Granulats roulés

Les granulats roulés sont le résultat de la désagrégation des roches par l'eau, le vent ou le gel. Ainsi ils se sont formés des dépôts sédimentaires de grains de grosseur allant du sable fin aux gros blocs, de natures minéralogiques différentes. Trois catégories de granulats roulés existent dans la nature notamment les granulats de rivière (d'oued), les granulats de mer et les granulats de dunes.

N.B : les granulats roulés se caractérisent par leur aspect de grains arrondis et polis.

I.2 Granulats concassés (de carrière)

Les granulats concassés (de carrière) proviennent du concassage de roches dures (granites, porphyres, basaltes, calcaires durs ...etc.). Ils sont caractérisés par un aspect anguleux à arêtes vives.

Les granulats artificiels proviennent également de la transformation thermique des roches (exemple : laitier du haut fourneau) ou démolition d'ouvrages.

II. Classification selon la grosseur

Selon leurs dimensions on distingue : les sables, les cailloux, les galets et les moellons. Les dimensions soulignées sont celles de la série de base préconisée par la norme européenne (NF EN 933–2). Les familles de granulats sont présentées dans le tableau 1

Tableau 1.1 les familles des granulats

| | |
|--------------------------|---|
| Fines 0/D | Où $D \leq 0.080\text{mm}$ |
| Sables 0/D | Où $D \leq 6.30\text{mm}$ |
| Gravillons d/D | Où $d \geq 2.00\text{mm}$ et $D \leq 31.50\text{mm}$ |
| Cailloux d/D | Où $d \geq 20.00\text{mm}$ et $D \leq 80.00\text{mm}$ |
| Graves 0/D | Où $6.30\text{mm} < D \leq 80.00\text{mm}$ |
| Ballasts d/D (concassés) | Où $d \geq 25\text{mm}$ et $D \leq 50\text{mm}$ |

La détermination des valeurs de d et D des classes granulaires d/D ainsi définies se fait en considérant que les granulats correspondant à ces dimensions doivent être présents en proportions suffisantes.

La résistance mécanique des granulats peut s'exprimer par des résistances mécaniques à la fragmentation, à l'usure et au polissage. La résistance mécanique des granulats dépend des caractéristiques intrinsèques de la roche d'origine.

Le classement des granulats se fait par criblage. Lorsque l'on a à faire à un sable pauvre en éléments fins de granularité constante (à l'exemple des sables de certains cours d'eau), on peut le corriger en y additionnant un sable fin, soit naturel à grains ronds, soit de broyage en proportion convenable pour obtenir un sable composite de granularité admissible. Il est à noter que la granularité est l'ensemble des caractéristiques définissant l'état granulaire d'un produit, alors que la granulométrie est la mesure des dimensions des grains ou fragments.

Lorsqu'on est en présence d'un sable très hétérogène, tantôt pauvre en éléments fins, tantôt excédentaire, la solution consiste à procéder à une coupure interne, à une maille judicieusement choisie, comprise en général entre 0,4 et 0,8mm.

Rôle des granulats ^[4]

Le rôle des granulats est d'abord mécanique. Ils sont choisis pour leur résistance aux usages, leur taille, leur origine et leur répartition afin de supporter au mieux les usages attendus. Les granulats utilisés dans les enrobés à liant bitumineux clair ou végétal, sans traitement mécanique de surface, n'ont pas pour appel d'être mis en valeur. En ce qui concerne les enrobés à liant végétal et les bétons bitumineux minces continus, les granulats peuvent être mis en valeur par le traitement mécanique de surface (grenailage) et l'utilisation de roches quartziques.

Le revêtement est classiquement fermé compacté, ce qui signifie que sa surface est entièrement composée de granulats sans aucun espace entre les particules. L'utilisation d'une formulation adaptée lui permet d'être grenailé, ou même sablé, pour mettre en valeur les granulats du matériau. Il s'agit d'une usure superficielle accélérée du revêtement.

Le revêtement peut aussi être ouvert compacté (comme les enrobés drainants) car quasi exempt de sable.

Dans le cas des enduits superficiels d'usures, une couche de granulats est répandue en plusieurs étapes sur le liant bitumineux préalablement coulé sur la chaussée. Le granulat est alors très visible.

I.3 ETUDE DE LA ROCHE VOLCANIQUE DE GOMA

La ville de Goma, chef-lieu de la province du Nord Kivu, est l'une des grandes villes de la République Démocratique du Congo. Cette ville de près d'un million d'habitants est couverte des matériaux d'origine volcanique tels que les basaltes, pouzzolanes et les cendres volantes provenant des montagnes volcaniques telles que le Nyiragongo et le Nyamulagira qui surplombent la ville. D'après la formation des roches, on particularise les roches exogènes (se formant sur la surface de la terre) des roches endogènes (se formant à l'intérieur de la terre). Ainsi, notre pierre volcanique de Goma est une roche exogène.

I.3.1 TYPES DE PIERRE NATURELLE

Une pierre naturelle, autrefois appelée pierre à bâtir, est un matériau de construction constitué de la roche d'où elle est extraite. Elle se distingue des produits manufacturés tels que les blocs de béton ou les briques d'argile, qui sont appelés pierre artificielle. En d'autres termes plus clairs, une pierre naturelle est toute pierre qu'on ramasse dans la nature et que l'on utilise directement sans la transformer.

La pierre naturelle provient de trois types de roches à savoir :

- Les roches magmatiques ;
- Les roches sédimentaires ;
- Les roches métamorphiques.

1. Les roches magmatiques ^[5]

Les roches magmatiques résultent de la cristallisation de magmas en surface ou en profondeur. Les magmas sont eux-mêmes des liquides silicatés, chargés ou non de cristaux et pouvant contenir une phase fluide.

Exemple de quelques roches magmatiques les plus courantes :

- Les granites : ce sont des roches acides, riches en alcalins, feldspaths alcalins de type orthose ou de plagioclase proche du pôle albite. Ce sont des constituants abondants de la croûte continentale. Ils cristallisent à quelques kilomètres de profondeur, donnant des intrusions.
- Les basaltes : ce sont des roches à texture microlithique, mélanocrates à mésocrates. Ils présentent parfois des caractères porphyriques avec des phénocristaux blancs de plagioclases, noirs à vert sombre de pyroxènes, ou vert jaune d'olivines.

2. Les roches sédimentaires

Les roches sédimentaires se forment à la surface de la terre et représentent 5% en volume de la croûte terrestre couvrant ainsi 75% de la surface ; d'origine secondaire, elles proviennent de l'altération des roches préexistantes, magmatiques, métamorphiques ou déjà sédimentaires. On distingue deux types de roches sédimentaires : les **roches détritiques** (résultant de l'accumulation des restes des roches arrachées à la surface de la terre) et les **roches physicochimiques ou biogènes** (formées par des dépôts des minuscules particules d'eau saturée).

3. Les roches métamorphiques

Les roches métamorphiques constituent un peu plus d'un quart de la croûte terrestre. Le métamorphisme est la transformation d'une roche à l'état solide du fait d'une augmentation de température et/ou de pression, avec souvent cristallisation de nouveaux minéraux et acquisition de textures particulières. La roche de départ peut être n'importe quelle roche (magmatique, sédimentaire ou métamorphique).

Pour plus d'harmonie dans la construction, il est conseillé d'opter pour l'utilisation des matériaux locaux car ils offrent un aspect plus naturel. Il faut donc trouver un matériau réunissant les qualités de coût moins cher et d'esthétique. La pierre naturelle réunie ces deux qualités, ce qui justifie son utilisation dans différents domaines. La route, faisant l'objet de notre travail, seule l'utilisation de la pierre dans ce domaine nous sera utile.

D'une manière brève, dans les routes de voiries, la pierre est souvent utilisée à cause de sa bonne résistance aux sollicitations mécaniques et sa bonne tenue. Elle intervient ainsi pour le renforcement de la fondation des chaussées, surtout dans les milieux à terre argileuses. Elle est aussi concassée pour donner naissance aux concassés.

En plus de cela, elle est aussi utilisée pour le pavage des rues, ruelles et des trottoirs dans le but d'améliorer l'état de ces voies et ainsi faciliter le trafic.

Les études faites par l'OVG sur le temps que met la lave de Nyiragongo pour son ascension jusqu'à la surface du sol, ont montré qu'il est considérablement réduit. La pression qui règne dans ses réserves magmatiques et la fluidité de son magma sont les éléments qui facilitent cette remontée. Cela nous amène à dire que les roches retrouvées à Goma à une faible

profondeur (émanant des éruptions courantes de Nyiragongo) sont des basaltes, car émanant d'une lave basaltique.

I.3.2 GENERALITES SUR LE PAVAGE

Le revêtement en pavés basaltiques est un revêtement discontinu constitué de pavés basaltiques séparés par des joints généralement remplis de sable permettant de combler les vides laissés par les pavés, cet ensemble repose sur un lit de pose.

Types de pavage

- **Le pavage sec**: c'est un pavage réalisé sans élément de liaison. Il s'agit d'une disposition esthétique bien réalisée des pavés sans aucun élément de liaison entre eux.
- **le pavage par liant** : on parle de pavage par liant lorsque pour sa réalisation un élément de liaison est utilisé pour assurer le maintien et ainsi une plus grande rigidité de l'ensemble pavé plus liant. Ce type de pavage est utilisé pour des milieux à fort trafic exigeant une très grande transmission des efforts dans le sol, suite à des très grands engins qui peuvent y passer.

En général, pour ces deux méthodes ; la procédure débute avec la préparation du terrain qui recevra le pavage avec :

- La stabilisation, s'il s'agit d'un sol non cohérent
- Le renforcement, si c'est une terre à faible portance
- Le remblayage et le déblayage pour uniformiser la surface

Après cette étape, il faut construire des bordures scellées dans un béton ou des planches de bois taillé de dimension : 100 x400 mm de section ; maintenu par des pics solides.

Les procédés de pavages

• Pavage par pierre sèche

Le pavage par pièce sèche est plus utilisé car il est moins coûteux et plus simple à réaliser.

La procédure pour sa réalisation se fait de la manière suivante :

- On quadrille la surface à exploiter et on y met le sable qui joue le rôle de soutien pour les pierres ou les blocailles compactés de 7 à 8cm d'épaisseur sur un sol stable ;
 - On fait le choix des pierres à utiliser
 - On reparti une coulée de sable sur une épaisseur d'environ 10cm
 - On fait le rasage de toute la surface du sol pour la rendre régulière puis faire le compactage
 - On pose les dalles en pierres sur le sol
 - Après avoir pavé toute la surface d'environ 5m² ; on scelle les pavés dans le lit de sable puis on entame l'étape de la plaque vibrante (pour empêcher les chocs directs sur les pierres) pour tasser le sable
- Après avoir refait la même procédure sur toute la surface à paver, on remplit tous les joints de sable secs par balayage ; puis on passe à nouveau à la plaque vibrante pour assurer une stabilité parfaite du pavage.

Le pavage par pierre sèche présente certains avantages parmi lesquels nous citons

1. Sa mise en œuvre est facilement exécutable, même par les amateurs;
2. Un coup de réalisation généralement moindre qu'un pavage par mortier;
3. Une facilité d'entretien.

• Pavage par mortier

Le pavage par mortier est aussi très répandu grâce à sa grande résistance et sa bonne tenue qu'il apporte lors de sa réalisation. On procède de la manière suivante pour sa réalisation :

- Préparer le terrain en nettoyant les surfaces terreuses et sales,
- Commencer par constituer un lit en gravillon ou débris de brique,
- Placer des gravillons et les compacter suivant une couche à l'aide d'une masse en rouleau vibrant,
- Poser les dalles sur une couche de mortier de 15cm (armée au grillage des barres de 6, 8, 10, etc. selon la nécessité) posée précédemment sur un couche du gravillon dit précédent. On adoptera toujours de partir des angles et d'utiliser des plus grosses pierres comme dalle des angles,
- Faire de plus petits joints de 1 à 2cm tout en vérifiant le niveau (réctilignité et horizontalité) au moyen d'un niveau d'eau ou tout autre instrument de mesure à niveau,
- Enfin, faire glisser le mortier dans les interstices en le pressant avec une truelle. Pour assurer l'étanchéité de la maçonnerie réalisée, utilisez des peintures enduits que l'on met facilement comme les peintures ordinaires.

C'est en fait un enduit qui, une fois sec, devient imperméable à l'eau comme les polymères. On peut aussi utiliser des hydrofuges de surface qu'on trouve un peu partout dans les quincailleries. Pour l'usage des hydrofuges, il suffit de mélanger une quantité bien connue au mortier lors de son malaxage pour obtenir un béton adjuvanté résistant à la perméabilité et à l'eau.

Avantage et inconvénient d'un pavage par pierre liées par mortier

- Nombreux considèrent ce pavage comme étant plus sécurisant qu'un pavage à pierre sèche (il ne donne pas des résultats erronés quand il s'agit de très grandes structures),
- Il offre beaucoup des techniques pour sa réalisation et donc une large possibilité de mieux faire selon son gout.

I.4 CONCLUSION PARTIELLE

Dans ce chapitre, nous avons produit quelques notions relatives à la construction routière. Nous avons fait une étude élémentaire de l'enrobé bitumineux et des roches en général et des roches basaltiques de Goma en particulier. Comme les roches volcaniques sont très abondantes dans notre région, elles seront utiles dans la fabrication des pavés.

CHAP. II METHODOLOGIE DU TRAVAIL

La construction d'une chaussée comme toute autre structure nécessite certains essais afin que sa structure repose sur un bon sol. Les paramètres tels que le trafic, la qualité du sol support c'est-à-dire le CBR du sol support, la qualité des matériaux utilisés en corps de chaussée, etc., sont importants car la durée de vie de la chaussée repose sur eux.

Voici certains points que nous aurons à traiter dans ce chapitre :

- la vocation de la route
- le tracé en plan
- le profil en travers
- le profils en long
- l'influence du trafic
- la reconnaissance géo-technique
- condition de mise en oeuvre
- le dimensionnement des chaussées
- le choix de la méthode de dimensionnement
- évacuation des eaux sur la chaussée

Notons que cette méthodologie sera suivie dans tous les deux cas de construction d'une chaussée qui font l'objet de notre étude. Toutefois, la différence adviendra sur la partie mise en œuvre avec la pose de la couche de roulement qui sera d'une part en béton bitumineux et d'autre part en pierre volcanique de Goma.

II.1 PRESENTATION DU SITE

Goma se situe à environ 1500 mètres d'altitude dans la vallée du Rift. Elle s'étend sur la rive nord du lac Kivu, bâtie sur les anciennes coulées de lave issues de la chaîne volcanique de Virunga, et principalement sur celles du volcan Nyiragongo qui la domine de près de 2000 mètres plus au nord, au sud par le lac Kivu (l'un des lacs les plus gazeux du monde), à l'Est par la république du Rwanda et à l'Ouest par le territoire de **masisi**. Elle comprend deux communes à savoir :

- La commune de Goma ;
- La commune de Karisimbi.

Le tronçon collège Mwanga – Birere est situé dans la commune de Goma, Quartier Les volcans, Avenue des Ecole. Le dit tronçon fait 587m de longueur.



Fig2.1 Carte du tronçon d'étude représenté par la ligne rouge [6]

II.2 Vocation de la route [7]

Lors du dimensionnement d'une route dont son trafic est presque inexistant il convient de connaître le type ou catégorie de route dont il est question. A partir des normes françaises on pourra bien estimer son trafic et delà il faudra prendre le cas le plus défavorable et son dimensionnement sera aisé. Toute fois en se fixant une vitesse de référence pour bien faire sa géométrie.

Pour chaque catégorie de voie communautaire, il existe une relation entre la situation géographique (centre-ville, périphérie, zone rurale, ...) la vocation de la voie et la présence plus ou moins importante de réseaux enterrés. En effet, les voies de transit, interurbaines ou périurbaines comportent beaucoup moins de réseaux enterrés que n'en comportent les voies de desserte ou de distribution par exemple. Ce paramètre a une incidence non négligeable sur

la politique d'investissement/entretien du fait du risque beaucoup plus faible d'interventions sur les réseaux par l'intermédiaire de tranchées. En conséquence, on aura naturellement tendance à effectuer des travaux routiers plus durables sur les voiries moins sujettes à des interventions sur les réseaux enterrés. C'est ainsi que les voies communautaires sont classées d'après leur vocation en 5 grandes catégories :

- Les voies de transit, interurbaines ou périurbaines et les voies de Z.I.,
- Les voies de liaison, structurantes ou pénétrantes,
- Les voies de distribution,
- Les voies de desserte,
- Les voies de lotissement et les voies rurales

A. Les voies de transit, interurbaines ou périurbaines et les voies de Z.I

Ce sont des voies situées en périphérie d'agglomérations, avec une vocation de trafic de transit, au sein de la Communauté urbaine. Elles peuvent relier deux ou plusieurs pôles d'activité ou encore jouer un rôle de rocade (contournement des centres urbains) ou desservir des Zones Industrielles (ZI) importantes.

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

Le trafic, et notamment le trafic poids lourds (PL), peut être relativement important à très important, les véhicules de transport en commun (TC) y sont proportionnellement peu nombreux ; les accès riverains sont peu nombreux et les réseaux enterrés sont également peu nombreux et les interventions très faibles.

De ce fait, pour ces voies, une politique d'investissement relativement lourd sera retenue pour permettre de réduire d'autant le coût de l'entretien.

B. Les voies de liaison, structurantes ou pénétrantes

Ces voies permettent à la fois de structurer l'agglomération, tout en assurant des liaisons internes à celle-ci. Par opposition aux voies de distribution et de desserte présentées ci-après, elles n'ont pas pour vocation la desserte, fine ou non des quartiers. Elles sont situées en zone agglomérée et traversent celle-ci du Nord au Sud ou d'Est en Ouest.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Le trafic peut être moyen à très important, avec une proportion de véhicules lourds très variable ; le pourcentage de véhicules de transport en commun (TC), parmi les poids lourds peut être relativement important et les réseaux enterrés peuvent être nombreux.

C'est pourquoi, pour ces voies, la politique retenue sera plus axée vers l'entretien avec un investissement initial moindre.

C. Les voies de distribution

Elles sont pour vocation d'assurer, en zone urbanisée, « l'irrigation » des quartiers à partir des voies structurantes. Elles n'ont pas pour vocation principale ou unique la desserte fine des riverains.

Elles ont les caractéristiques qui suivent :

Le trafic modéré avec une proportion de véhicules lourds relativement faible et souvent de faible taille, exceptionnellement de gros tonnages (livraisons), donc peu agressifs pour les corps de chaussées ; la circulation de véhicules de transport en commun (TC) peut être modérée et les réseaux enterrés peuvent être nombreux.

Pour ces voies, la politique sera également axée vers un investissement initial réduit.

D. Les voies de desserte

Ces routes ont pour vocation principale, ou unique, en zone urbanisée, la desserte fine des riverains à l'intérieur du quartier. Toutefois, les voies internes aux lotissements sont exclues ainsi que les voies rurales, qui font l'objet d'une classification distincte.

Elles se caractérisent par :

Un trafic général et très modéré, avec seulement quelques véhicules lourds ; toutefois, ceux-ci peuvent être de toute taille, de camionnette de livraison au gros porteur occasionnel d'hydrocarbures pour chauffage collectif, au service de ramassage des ordures ménagères ; il n'y a pas, a priori, de circulation de véhicules de transport en commun (TC) ; les réseaux enterrés sont les plus souvent nombreux.

La politique sera également axée vers un investissement initial réduit pour ces voies.

Les voies de lotissement et les voies rurales

Cette catégorie concerne uniquement les voies internes aux lotissements et les voies à vocation strictement rurale. Ces dernières sont en dehors des zones agglomérées et ont pour vocation principale ou unique la desserte fine des propriétés agricoles.

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

Le trafic est très modéré, avec seulement quelques véhicules lourds ; toutefois ceux-ci peuvent être de toute taille, de la camionnette de livraison au gros porteur isolé. Bien souvent, le trafic lourd est constitué essentiellement du service de ramassage des ordures ménagères et des livraisons de fioul domestique pour les voies de lotissement et d'engins agricoles parfois lourds pour les voies rurales ; là non plus, il n'y a pas a priori, de circulation de véhicules de transport en commun ; les interventions sur réseaux enterrés sont en général réduites.

D'où, pour ces voies, la politique sera orientée vers un investissement initial, relativement important, eu égard au faible trafic avec un entretien réduit.

En effet, notre tronçon que nous étudierons est classé dans les voies de distribution.

II.3. Influence du trafic

Le trafic exprime pour une voie de circulation le nombre de passages de véhicules dans une période déterminée et pour une voie de circulation.

L'étude du trafic est une partie essentielle de toute étude routière. Du volume de trafic dépendent, en effet, les caractéristiques essentielles des liaisons, telles que la géométrie, la largeur, le gabarit, les charges de ponts et structures de chaussées.

Mais l'étude de trafic est surtout importante pour le calcul du coût global (combinaison entre les coûts dus à l'Etat et à l'utilisateur) de fonctionnement des véhicules, qui détermine de manière essentielle la rentabilité d'un projet. Globalement parlant, l'investigation peut être lourde, si son bénéfice est partagé par un grand nombre d'utilisateurs. Parfois, le trafic intervient aussi dans le calcul du coût individuel de fonctionnement d'un véhicule (en particulier en cas de saturation de trafic).

De plus, l'entretien des routes, et plus particulièrement l'entretien des structures de chaussées est largement dépendant du trafic, non seulement pour la fréquence et les méthodes d'entretien mais aussi pour adapter l'organisation des services techniques aux différents demandes d'entretien possibles. L'étude de trafic peut être plus ou moins détaillée, en

fonction du besoin, des moyens, et du but recherché. Elle peut aller du comptage manuel aux pesées d'essieux dynamiques et d'une projection simple de trafic aux modèles informatisés de prédiction les plus compliqués.

II.3.1 Différents types de trafics

Nous avons 4 différents types de trafics à savoir :

i) Trafic normal

C'est le trafic actuel sur une liaison existante en tenant compte de la croissance annuelle, en « situation stable ». Cette situation fait abstraction de tout aménagement, de toute construction nouvelle ou concurrente mais prend en compte l'évolution du trafic dû aux mutations socio-économiques.

ii) Trafic dérivé

C'est le trafic supplémentaire sur une liaison qui est dévié d'autres itinéraires suite à des aménagements et investissements sur une autre la liaison.

iii) Trafic induit

C'est le trafic créé nouvellement suite à un aménagement, et qui n'existait pas avant. Souvent, le terme trafic induit regroupe le trafic dérivé et le trafic induit.

iv) Trafic saisonnier

Il existe deux types de trafic saisonnier :

- Trafic variant librement en fonction de la période de l'année (récoltes,)
- Trafic interdit ou limité par périodes (barrières de pluies...)

II.3.2 Charges à l'essieu

Par pays, la charge à l'essieu autorisée varie de 8t à 13t ; de même manière, le PTC varie de 35t à 45t en fonction du type de Poids Lourds. Comme la charge à l'essieu est une des données de base de tous les dimensionnements de chaussées, l'effet d'une surcharge se sent immédiatement et met en danger la pérennité d'une structure. En effet, le dommage occasionné par une charge roulante unique est évalué par la notion d'agressivité. La chaussée est toujours dimensionnée de telle sorte qu'elle peut supporter un nombre de passage successif de surcharges.

La loi donnant l'effet des surcharges est du type :

$$A = k \left(\frac{P}{P_0} \right)^\alpha \quad (2.1)$$

Avec k et α dépendant de la structure et du type d'essieu, P_0 est la charge de référence (13t en France, 10t en GB) pour les chaussées souples, $\alpha=4$ alors que pour les chaussées avec graves hydrauliques ou en béton $\alpha=8$ ou $\alpha=12$.

II.3.3 Calcul de trafic cumulé

Pour calculer le trafic cumulé, il faut d'abord décider du nombre d'années de service pour lesquelles l'on veut faire un investissement. Mais il faut surtout disposer du taux de croissance du trafic, c'est-à-dire de la variation du volume total de trafic d'une année sur l'autre. Comme ce taux est susceptible de varier d'une année sur l'autre (souvent lié au PNB), le mieux est de disposer de deux études de trafic faites dans un intervalle d'au moins 5 ans. On utilise alors le taux moyen de croissance. Le taux de croissance peut aussi différer fortement entre les catégories de véhicules, qu'il faudra alors distinguer au moment des comptages. Deux approches sont possibles pour le taux de croissance :

La croissance géométrique, ou le trafic augmente tous les ans d'un pourcentage fixe par rapport à l'année précédente. Pour l'année N , on a alors :

$$T_N = T_0 \times (1 + r)^N \quad (2.2)$$

T_N : trafic à l'année N et S_N le cumul pour les N années :

$$S_N = T_0 * \frac{((1+r)^N - 1)}{(1+r) - 1} * 365 \quad (2.3)$$

Avec r : le taux d'accroissement géométrique des véhicules

T_0 : trafic journalier

La croissance linéaire, ou le trafic augmente d'un volume constant tous les ans. Pour l'année N , on a alors :

$$T_N = T_0 * (1 + N * a) \quad (2.4)$$

$$\text{Et le cumul } S_N = T_0 * N * \left(1 + \frac{a * N}{2}\right) * 365 \quad (2.5)$$

Avec a le taux d'accroissement linéaire.

D'autres auteurs utilisent les formules suivantes pour rechercher le trafic équivalent qui suivent :

$$N.E = T \times CAM \times n \times C \quad (2.6)$$

$$\text{Où } C = \frac{(1+r)^n - 1}{r \times n} \quad (2.7)$$

Avec :

- T le TAMJ, le trafic annuel moyen journalier à l'année de mise en service
- CAM le coefficient d'agressivité moyenne des poids lourds, il permet de convertir le trafic T en nombre d'essieux standard de 13t
- n le nombre d'années de mise en service postulé
- r le taux de croissance annuel moyen pendant la période de service,
- C 'est le facteur de cumul qui tient compte de la période de service choisie et du taux annuel moyen de croissance du trafic.

Le TAMJ est trouvé dans ce tableau ci-après selon la catégorie des voies.

Tableau.2.1. Les classes de trafic PL retenues pour les différentes vocations de voie (Guide technique de conception et de dimensionnement de structures de chaussées communautaires, C.Berdier et INSA – EDU, Lyon, France, 1998.)

| | | Trafic poids lourds en MJA (1) | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----|-----|----|----|----|--|
| | | 750 | 300 | 150 | 50 | 25 | | |
| Vocation de la voie | Transit interurbaine péri-urbaine | T0 | T1 | T2 | T3 | | | |
| | Liaison structurante | | T1 | T2 | T3 | T4 | | |
| | Distribution | | | | T3 | T4 | T5 | |
| | Desserte | | | | | T4 | T5 | |
| | Lotissement rurale | | | | | T4 | T5 | |

En conclusion, l'on dira que le trafic est un élément fondamental de toute étude, et intervient largement dans la justification des projets dans le modèle HDM. Il est donc indispensable de connaître son volume et sa composition.

Certains aménagements avec faible trafic doivent pouvoir se justifier autrement, et le coût pour la collectivité de l'absence d'une route est souvent élevé, même si le trafic potentiel serait faible.

II.4. Tracé en plan

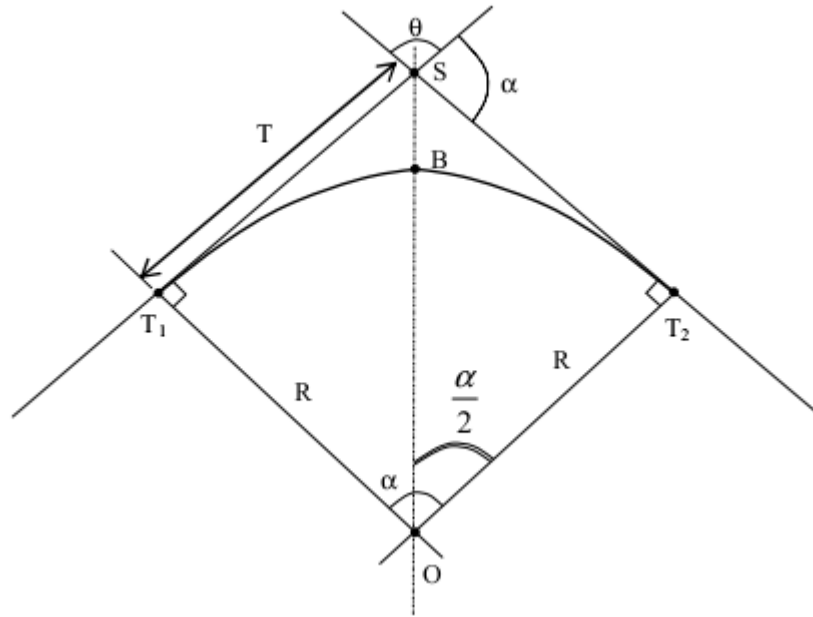
Le tracé en plan consiste à représenter l'axe de la route par une succession de lignes brisées appelées alignements généraux (segments de droites). Il est normal pour des raisons de confort et de sécurité de raccorder ces segments de droites par une courbe appropriée donnant le maximum de confort sans oublier l'incidence économique du type de raccordement choisi. La justification de l'emploi de ces éléments géométriques réside principalement dans les conditions de conduite qu'ils offrent aux usagers. De manière générale, il existe deux principaux types de raccordement :

- Le raccordement circulaire pour $R \geq RH'$ (R étant le rayon choisi)
- Le raccordement progressif pour $R < RH'$

II.4.1 Raccordement circulaire

Dans ce cas de raccordement, l'on n'a pas besoin de rattraper un quelconque dévers. Le rayon de raccordement est suffisamment grand pour que la chaussée soit non déversée en courbe, mais il faudrait absolument que $R \geq RH'$.

Calcul du raccordement circulaire



R : Rayon de raccordement

T₁ : points de tangence

BS : Bissectrice

Theta : Angle au sommet

S : Sommet de raccordement T : Tangente

alpha : Angle au centre

$$\overline{ST_1} = \overline{ST_2} = T$$

$$D_\alpha = \text{Arc}(T_1BT_2)$$

Les différentes relations trigonométriques donnent les formules ci-dessous :

a) Calcul de l'angle au centre : alpha

D'après la figure ci-dessus, on a $200 = \alpha + \theta \Rightarrow \alpha = 200 - \theta$ (gr)

L'angle au centre est : $\alpha = 200 - \theta$ (gr)

b) Calcul de la tangente : T

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{T}{R} \Rightarrow T = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} \quad \text{La tangente est : } T = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

c) Calcul du développement de l'arc du cercle : D_{alpha}

Nous savons qu'un tour de cercle de rayon R (2πR) vaut 360gr, ce qui implique que pour un balayage d'un angle alpha (en grade), on a :

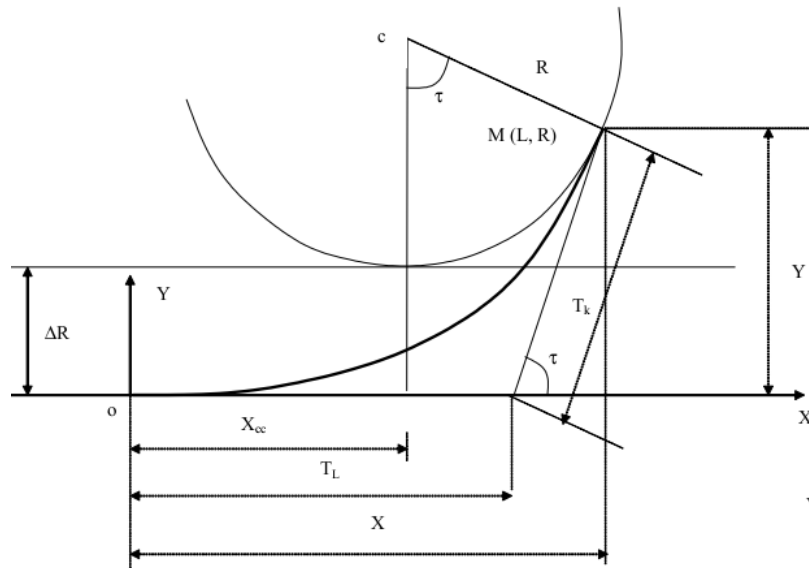
$$D_\alpha = \frac{\pi}{180} R \cdot \alpha \text{ (gr)}$$

d) La bissectrice est : $\overline{SB} = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$

II.4.2 Raccordement progressif

La clothoïde

La clothoïde avec sa courbe à courbe progressif est indiqué pour l'introduction des dévers. Elle permet donc de l'alignement droit au cercle. Cette courbe doit donc décrire tous les rayons compris entre l'infini (AD) et R.



O ou Dcl : Origine (début) de la clothoïde

T_L : Tangente Longue

M ou Fcl : Fin de la clothoïde

T_K : Tangente Courte

X : Abscisse du point M

τ : Angle de la tangente T_K

Y : Ordonnée du point M

X_{cc} : Abscisse du centre du cercle

ΔR : Ripage

$X \approx L$ (Longueur de la clothoïde)

$$Y = \frac{L^2}{6R} \quad \tau_{(gr)} = \frac{100}{\pi} \frac{L}{R} \Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

$$T_K = \frac{Y}{\sin \tau}$$

$$T_L = X - T_K \cos \tau$$

$$X_{cc} = \frac{L}{2}$$

La clothoïde est une spirale dont la courbure croit proportionnelle à l'arc. Si A est le paramètre de clothoïde, on a : $A^2 = L \cdot R$, avec L : la longueur de la clothoïde et R : le rayon

II.5. Profil en long

Deux types de profil en long existent : le profil en long du terrain naturel et le profil en long du projet.

0. Le profil en long du terrain naturel

C'est la représentation sur un plan vertical des différents points (en X et Z) du terrain naturel suivant l'axe du tracé en plan choisi.

1. Le profil en long du projet

C'est la représentation des éléments définissant en altitude de la route suivant le cheminement du tracé en plan. Cette représentation est appelée ligne rouge.

Le profil en long est constitué de succession de rampes (montées) et de pentes (descentes) raccordées par des éléments circulaires ou paraboliques.

Les raccordements concaves en point bas sont les raccordements en angle rentrant.

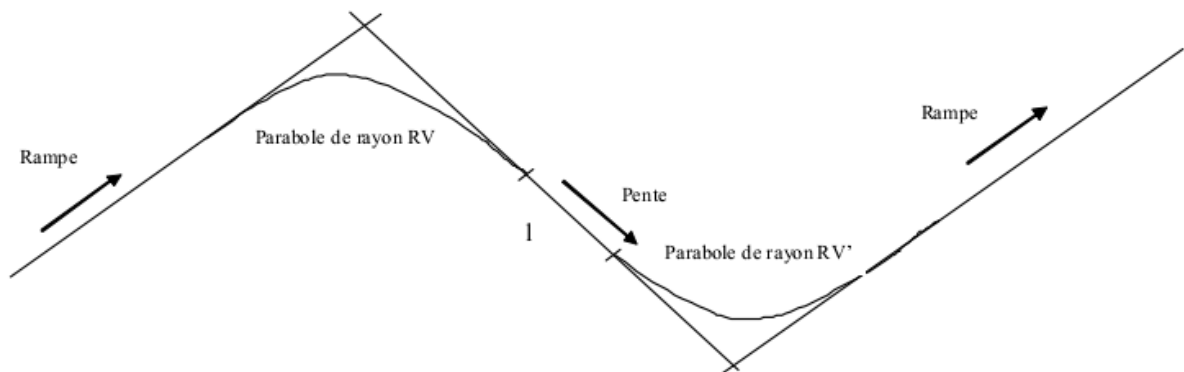


Fig.2.2. Illustration du profil en long

Les pentes et les rampes sont appelées des déclivités. Leurs valeurs sont fonction de la vitesse de référence. La longueur minimale l entre les deux paraboles est 50m

RV : Rayon à angle saillant

RV' : Rayon à angle rentrant

$RV > RV'$ à cause de la visibilité.

II.6 Profil en travers

1. Définition

Le profil en travers de la route est représenté par le tracé de la chaussée et du terrain naturel sur un plan vertical orthogonal à l'axe de la route.

Pendant la représentation du profil en travers, l'œil de l'observateur est fixé vers l'origine du projet.

2. Types de profils en travers

Il existe deux types de profils en travers : le profil en travers type et le profil en travers courant.

a) Le profil en travers type

Les tracés routiers ont chacun leur profil en travers type. C'est un modèle qui sert de guide pour le tracé des profils en travers courants. Il est rare de rencontrer plus d'un profil en travers type sur un tracé mais cela dépend des critères (économique, environnemental, technique) qui peuvent amener le technicien à modifier ce profil. En tout état de cause, pour le faire, il faudrait s'assurer que ce changement ne mettra pas en danger les usagers.

b) Le profil en travers courant

C'est le profil en travers des différents profils rencontrés sur le tracé en plan et les profils en long. Le nombre dépend aussi bien de la longueur du tracé et des distances inter profils. Il existe trois types de profils en travers courants :

✓ Le profil en travers en remblai

C'est le profil qui a un déficit de matériaux et qui nécessite un apport de matériaux à toutes ses différentes parties, autrement dit, toute l'assiette de la route se trouve en remblai.

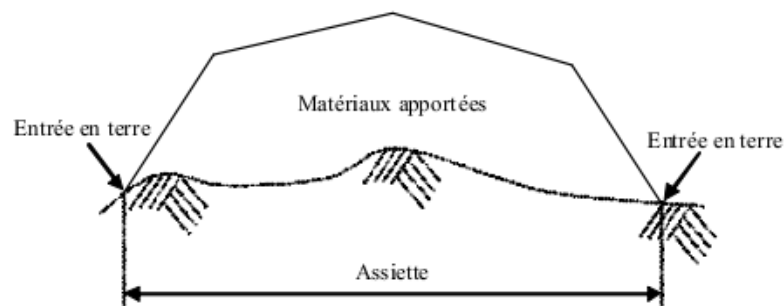


Fig. 2.3. Profil en travers en remblais

✓ Le profil en travers en déblai

C'est le profil qui a un excédent de matériaux qu'il faudrait enlever à toutes ses différentes parties, autrement dit, toute l'assiette de la route se trouve en déblai.

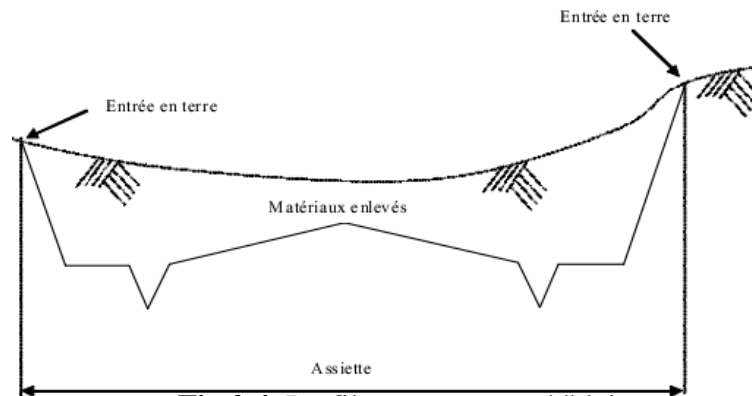


Fig.2.4. Profil en travers en déblai

✓ Le profil en travers mixte

C'est le profil en travers qui a un déficit de matériaux sur une de ses parties et un excédent sur une autre, autrement dit, une partie de l'assiette est en déblai et l'autre partie en remblai.

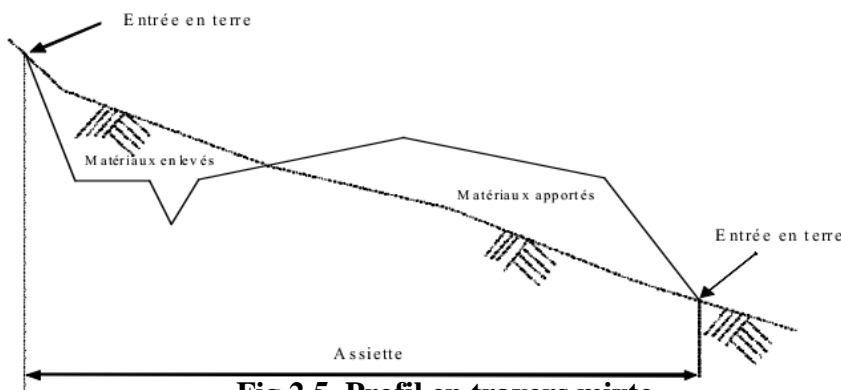


Fig.2.5. Profil en travers mixte

II.7. Reconnaissance géotechnique

Pour que les structures de la chaussée aient un comportement satisfaisant, il faut que les matériaux constituant les diverses couches aient certaines exigences minimales de qualité : d'où la nécessité d'étude des caractéristiques géotechniques, de manière brève, pour différentes couches.

En effet, la géotechnique peut être comprise comme une science qui traite du sol en tant que matériau de construction.

Elle permet de définir avec précision les travaux de terrassement, des chaussées et des fondations d'ouvrages d'art à réaliser ainsi que des emprunts et carrières à utiliser pour leur réalisation. On distingue les études suivantes :

- **Etude de terrains traversés par les terrassements et les plates-formes ;**

Il s'agit de faire des sondages par puits manuels ou à la tarière avec prélèvement des couches rencontrées. Ce qui conduit à l'identification visuelle suivie des essais d'identification au laboratoire. L'espacement entre les puits varie entre 200 et 1000 mètres.

- **Etude des ressources en matériaux ;**

Les matériaux des remblais proviennent généralement des déblais de la route, sinon on fait recours aux emprunts ou aux carrières. Les matériaux utilisés doivent dans tous les cas être de bonnes caractéristiques conformes aux prescriptions contractuelles. Cette étude doit pouvoir donner la qualité, les quantités, les zones d'utilisation et les distances moyennes de transport.

- **Etude des sols d'assises des ouvrages d'art**

Les études peuvent être limitées à l'appréciation sur le type de fondation à envisager et sur les risques d'affouillement à craindre.

II.8. Cubatures des terrassements

1. Calcul des volumes

a) Calcul des surfaces des profils en travers :

On remarque que les surfaces des profils en travers se décomposent simplement en des surfaces des trapèzes et triangles dont le calcul est aisé dès que l'on connaît les côtes du projet, ceux du terrain naturel et les distances partielles sur profils en travers.

Pour les profils mixtes, les surfaces des déblais et celles des remblais ne doivent pas être additionnées.

b) Le calcul des cubatures

Il existe quatre méthodes d'évaluation des cubatures sur un projet routier :

- La méthode de Robin
- La méthode exacte
- La méthode de l'aire moyenne
- La méthode de la moyenne des aires. C'est cette dernière qui est la plus utilisée et c'est elle qui retiendra notre attention.

Exposé de la méthode

Cette méthode consiste tout simplement à évaluer les cubes des terres compris entre deux profils en faisant le produit de moyenne des surfaces de chacun d'eux par la longueur de l'entre profil.

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{S_1 + S_2}{2} d_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} d_2 + \dots + \frac{S_n + S_{n+1}}{2} d_n \\
 &= S_1 \frac{d_1}{2} + S_2 \frac{d_1 + d_2}{2} + \dots + S_n \frac{d_{n-1} + d_n}{2} \\
 &\quad + S_{n+1} \frac{d_{n+1}}{2}
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

$$\begin{cases}
 d_n = \text{distance entre les profils } n \text{ et } n + 1. \\
 \frac{d_n + d_{n+1}}{2} = \text{longueur d'application du profil } n \\
 S_n = \text{surface du remblai ou du déblai au profil } n
 \end{cases}$$

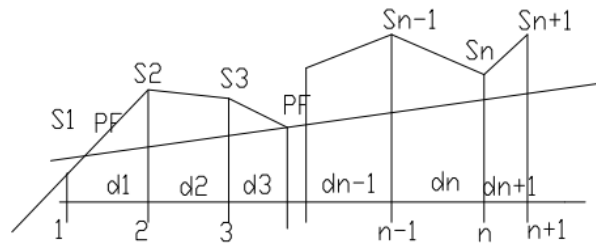


Fig.2.6. Profil en long

c) Le mouvement de terre

C'est l'étude des cubes à transporter et de la longueur de transport. Notons V le cube à transporter et d la distance de transport. Le produit $V.d$ est appelé **moment de transport**. Si on a plusieurs cubes V_1, V_2, \dots, V_n à transporter à des distances d_1, d_2, \dots, d_n , on appelle **moyenne de transport** le rapport :

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{d_1 V_1 + d_2 V_2 + \dots + d_n V_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} \\
 &= \frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i V_i}{\sum_{i=1}^{i=n} V_i}.
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

Dans un projet, les terres sont transportées des déblais vers les remblais et les excédents sont mis en dépôt. Lorsque les déblais sont insuffisants pour combler les remblais, on est amené à faire des emprunts. Ces transports se font à des distances variables et parfois indéterminées. Le coût global de transport dépend directement de ces distances, donc de la distance moyenne. Or l'examen de la formule donnant la distance moyenne montre que celle-ci est

minimale pour un même cube $V=Sv_{ir}$ lorsque le moment de transport est minimal. Dans un projet routier la recherche de la distance minimale de transport s'impose donc. Il y a plusieurs méthodes qui ont été élaborées. Celle que nous allons utiliser est celle de LALANNE.

Principe de la méthode de LALANNE

a) Hypothèses

- Chaque cube de déblai ou de remblai est concentré au profil correspondant ;
- On ne tient pas compte des cubes à réemployer au même profil (cas des profils mixtes) ;
- On ne tient pas compte des profils fictifs.

b) Etablissement de l'épure

L'épure de LALANNE est une représentation graphique en plan (dimension 2) des cubes des terres.

- Tracer une ligne horizontale initiale (LT) ;
- Sur cette ligne, porter à l'échelle choisie l'emplacement des différents profils en travers ;
- Au droit de chaque profil, les volumes sont représentés par des lignes verticales à une échelle proportionnelle au volume de chaque profil ;
- Porter les déblais positivement et les remblais négativement. Autrement dit on porte en ordonnée à chaque profil, la somme algébrique des déblais depuis l'origine jusqu'au profil considéré.

II.9. Conditions de mise en œuvre

II.9.1. Plate-forme

Généralement, la plate-forme est considérée comme la couche des 30 cm supérieure des terrassements. Il est indispensable de disposer d'une bonne assise pour que le corps de chaussée soit mis en place dans des conditions satisfaisantes et pour qu'il conserve, dans le temps, une indéformabilité suffisante.

Il faudrait éviter d'avoir un sol de CBR inférieur à 5, il sera préférable de le substituer avec des matériaux de meilleure qualité ou de traiter la plate-forme en place. Le CBR à prendre en compte pour le dimensionnement dépendra de l'épaisseur et de la qualité du matériau de substitution. Les sols à éliminer ou à traiter ont, outre un CBR très faible, les caractéristiques géotechniques suivantes :

- $IP > 40$;

- $LL > 70$
- Gonflement linéaire dans le moule CBR $> 2\%$
- Teneur en matières organiques $> 3\%$

II.9.2 Couche de forme

Le matériau de substitution ou d'apport à mettre en couche de forme pour pallier l'insuffisance du sol naturel et, éventuellement, permettre la circulation de chantier devra être sélectionné et, en tout état de cause ; avoir un CBR > 5 . Un CBR supérieur ou égal à 10 pourra être exigé pour les chantiers importants sur lesquels circulent de très gros engins. La couche de forme est indispensable sur les sols pour lesquels il est impossible d'atteindre les 95% de la densité OPM. Une fois les matériaux de substitution mis en place, on obtient une nouvelle classe de plate-forme.

Tableau 2.2- CBR pour couche de forme

| <i>Matériaux d'apport</i> | | <i>Nouvelle classe de plate-forme à prendre en compte</i> |
|---------------------------|------------------------------|---|
| <i>CBR</i> | <i>Epaisseur minimale cm</i> | |
| 5 – 10 (S2) | 45 | S2 |
| 10 – 15 (S3) | 35 | S2 |
| 10 – 15 (S3) | 45 | S3 |
| 15 – 30 (S4) | 30 | S2 |
| 15 – 30 (S4) | 35 | S3 |
| 15 – 30 (S4) | 50 | S4 |

II.9.3 Couche de fondation

Elle doit avoir un CBR au moins supérieur à 30 correspondant à une densité sèche à 95% de l'OPM. On pourra admettre un CBR de 25 pour le trafic de classe T1. Les dimensionnements maximaux des éléments doivent être inférieurs ou égaux à 60mm.

II.9.4 Couche de base

Elle doit avoir un CBR au moins supérieur à 80 correspondant à une densité sèche à 95% de l'OPM. A défaut, il faudrait l'améliorer ou le traiter. On pourra admettre un CBR de 60 pour le trafic de classe T1.

II.9.5 Les accotements. ^[8]

On appelle accotement, un espace compris entre la chaussée et le fossé, suffisamment résistant pour autoriser le stationnement des véhicules. Les accotements peuvent encore être définis comme zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont dérasés, s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils seront surélevés dans le cas contraire.

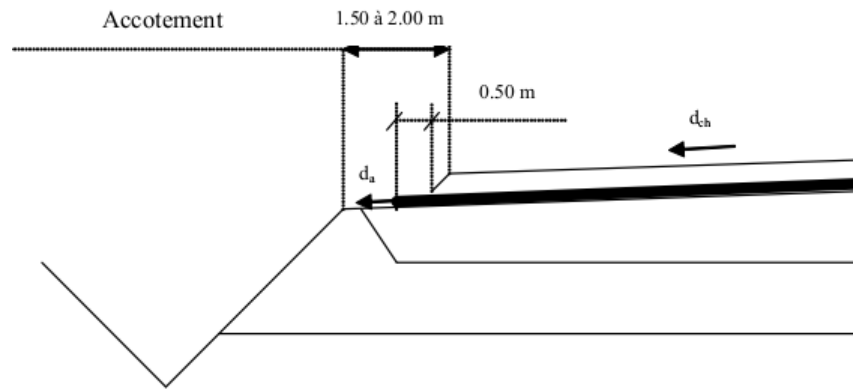


Fig.2.7. Accotement

Si $d_{ch} = 2.5\%$

$d_a = 4\%$ pour accotements non stabilisés

$d_a = 6\%$ pour accotements stabilisés ou imprégnés

II.10. Dimensionnement des chaussées ^[7]

Le dimensionnement structurel des chaussées repose sur une démarche rationnelle basée sur un ensemble de paramètres fondamentaux décrits précédemment.

Ainsi donc au cours de cette démarche, on distingue deux aspects :

- La conception
- La réalisation

La conception des chaussées en matière d'exigences structurelles a deux conditions :

- Le corps de chaussée doit assurer une répartition des contraintes telle que le sol de plate-forme ne puisse estampiller;
- Les matériaux constitutifs des différentes couches de la chaussée doivent avoir des épaisseurs et des caractéristiques de résistance suffisantes pour supporter les contraintes répétées de cisaillement, de compression et de traction engendrées par le trafic.

Le dimensionnement de la chaussée consiste à :

- Déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.
- Déterminer les matériaux adaptés ayant des caractéristiques souhaitées.

Ceci dans le but :

- D'éviter le poinçonnement de la plate-forme ;
- D'éviter les contraintes de traction, de compression et de cisaillement dus au trafic.

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement de chaussée classées en deux méthodes qui sont :

II.10.1 Les méthodes empiristes

A. La méthode du CBR

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de 90% à 100% de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'au moins 15cm.

Basée sur les abaques donnant l'épaisseur équivalente de la chaussée en fonction du CBR de la plate-forme. Elle s'appuie sur la formule :

$$e = \frac{100 + 150 \sqrt{P}}{I + 5} \text{ cm}$$

Avec : e : épaisseur de la chaussée en (cm)

P : charge maximale par roue (en tonne)

I : indice portant CBR de la plate-forme

Dans le cas où il faut faire intervenir le terme correctif du CBR, la formule suivante est utile :

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

Avec N : nombre de poids lourd de plus de 3 tonnes par jour.

B. La méthode du CEBTP (Centre Expérimental de Recherche et d'Etude du Bâtiment et Travaux Publics)

Méthode nécessitant les abaques en fonction du CBR de la plate-forme, le trafic pour la détermination des épaisseurs des couches de fondation, de base et de roulement⁹ (voir annexe 1). Le trafic et les classes de plate-forme sont pris respectivement dans le tableau 2.3 et le tableau 2.4 présentés ci-après.

C. Méthode AASHTO (American Association State Highways Transportation Officials)

Cette méthode de dimensionnement est américaine, elle propose également des abaques. Les abaques proposés dans cette méthode sont issus de données statistiques sur le comportement des chaussées construites dans le passé.

Il y a aussi les méthodes suivantes : la méthode suisse, Méthode anglaise (Overeas Road Note31), Méthode allemande (RSTO), etc.

Ces méthodes empiristes aboutissent souvent à des surdimensionnements, elles évitent au projeteur des recherches coûteuses en termes de temps ou de l'argent.

II.10.2 Les méthodes mécanistiques

Elles utilisent les notions de la mécanique des sols et de l'élasticité dans le dimensionnement des chaussées. Ces méthodes proposent des formules mathématiques qui modélisent les phénomènes routiers. La théorie de BOUSSINESQUE (1885) ; la théorie de BURMISTER (1943) ; la loi de HOOKE et les théories de l'élasticité linéaire ; etc. tels sont les exemples des théories et modèles employés dans les méthodes mécaniques.

Toutes ces méthodes font appel à certains paramètres qui sont :

- Trafic ;
- CBR de la plate-forme ;
- Coefficient d'agressivité ;
- Accroissement du trafic.

1. Trafic

Cinq classes de trafic ont été retenues pour le dimensionnement de la chaussée.

Tableau 2.3- *Classe de trafic* ^[7]

| <i>Nombre de poids lourds cumulés (N)</i> | <i>classe de trafic</i> |
|---|-------------------------|
| $N < 5 \cdot 10^5$ | T1 |
| $5 \cdot 10^5 < N < 1.5 \cdot 10^6$ | T2 |
| $1.5 \cdot 10^6 < N < 4 \cdot 10^6$ | T3 |
| $4 \cdot 10^6 < N < 10^7$ | T4 |
| $10^7 < N < 2 \cdot 10^7$ | T5 |

On effectue les calculs suivant le trafic cumulé et les charges à l'essieu.

2. Classe de portance du sol

Cinq classes de sols ont été retenues.

Tableau 2.4- *Classe des sols* ^[7]

| <i>CBR de la plate forme</i> | <i>Classe de sol</i> |
|------------------------------|----------------------|
| $CBR < 5$ | S1 |
| $5 < CBR < 10$ | S2 |
| $10 < CBR < 15$ | S3 |
| $15 < CBR < 30$ | S4 |
| $30 < CBR$ | S5 |

3. Coefficient d'agressivité

Les valeurs du coefficient d'agressivité structurel moyen du trafic sont repris dans le tableau ci-après.

Tableau 2.5- *coefficient d'agressivité structurelle moyen du trafic*

| Couche concernée | Classe de trafic Tci | | | |
|---------------------|----------------------|-----|------|------|
| | TC0 - TC1 | TC2 | TC3 | ≥TC4 |
| Plate-forme | 0,4 | 0,5 | 0,75 | 1 |
| Bitumineuse épaisse | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| souple (GNT/GNT) | 0,4 | 0,7 | 1 | 1 |
| Mixte | 0,4 | 0,5 | 0,75 | 0,75 |
| semi-rigide/béton | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

4. Accroissement du trafic

Pour calculer le trafic cumulé, il faut d'abord décider du nombre d'années de service pour lesquelles on veut faire un investissement. Mais il faut surtout disposer du taux de croissance du trafic, c'est-à-dire, de la variation du volume total d'une année sur l'autre. Comme ce taux est susceptible de varier d'une année sur l'autre, le mieux est de disposer de deux études de trafic faites dans un intervalle d'au moins 5 ans. On utilise alors le taux moyen de croissance. Le taux de croissance peut aussi différer fortement entre les catégories de véhicule, qu'il faudra alors distinguer au moment du compactage.

Deux approches sont possibles pour le taux de croissance :

La croissance géométrique, où le trafic augmente tous les ans d'un pourcentage fixe par rapport à l'année précédente. Et la croissance linéaire, où le trafic augmente d'un volume constant tous les ans.

II.10.3 Choix de la méthode de dimensionnement

Nous allons dimensionner notre tronçon par la méthode empiriste en utilisant le guide de dimensionnement CEBTP pour les pays tropicaux et cela suite à sa disponibilité.

II.11 Evacuation des eaux sur la chaussée

Le rôle des fossés est de protéger la route contre les eaux superficielles car c'est le plus grand ennemi de la route.

Le dimensionnement des fossés consiste à :

- Déterminer le débit d'eau à évacuer (Q de pointe)
- Proposer les dimensions du fossé
- Vérifier si le débit que peut évacuer le fossé proposé (Q capable) est \geq au débit à évacuer.

Le débit Q est trouvé par la formule de Caquot $Q_p(T) = k * P^a * C^b * A^d$

Avec :

$Q_p(T)$: débit à évacuer ;

C : coefficient de ruissellement ;

A : superficie du bassin versant en ha ;

P : la pente moyenne du sous bassin selon le plus long chemin hydraulique (2.5%) ;
k, α , β et δ sont les coefficients de Caquot dont leurs formules seront développées
 au chapitre suivant.

A et C seront calculés par les formules $A = \sum A_i$ (2.13) et $C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i}$ (2.14)

Avec A_i les surfaces de sous bassin versant et C_i les coefficients y correspondant.

Les sous surfaces sont calculés en multipliant la largeur par la longueur du projet soit
 1.75 km. Les coefficients de ruissellement de quelques surfaces sont repris dans le tableau ci-
 après :

Tableau 2.6 Valeurs du coefficient de ruissellement de quelques surfaces

| Surface | Toits | Asphalte | Pavé | Dalles | Gazon | Gravier |
|---------|------------|-------------|-------------|-----------|-------------|------------|
| C | 0.7 à 0.95 | 0.85 à 0.90 | 0.75 à 0.85 | 0.4 à 0.5 | 0.05 à 0.25 | 0.25 à 0.3 |

II.12 Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous avons produit certaines notions relatives aux paramètres tels que la vocation de la route, le tracé en plan, le profil en travers, le profil en long, l'influence du trafic,... qui interviennent lors des essais pour que la structure puisse reposer sur un bon sol.

CHAP III PRESENTATION DES RESULTATS

Ce chapitre fera l'objet du dimensionnement de la chaussée en indication sur les matériaux faisant l'objet de notre comparaison, qu'il s'agisse de la pierre volcanique et du béton bitumineux. Pour ce faire, la définition de certains paramètres va s'avérer très indispensable pour la suite. La vitesse de base de notre route est fixée à 40km/h.

III.1 DIMENSIONNEMENT

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécutions, sont conditionnés par plusieurs facteurs parmi lesquels on cite :

III.1.1 Le trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourd (véhicules supérieurs à 3,5 tonnes). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèque des matériaux pour la fabrication des matériaux des chaussées.

Ayant choisi notre route dans les voies de desserte, nous allons la dimensionner en fonction d'un trafic poids lourd, qui est une classe de trafic où les chaussées sont dimensionnées par rapport au trafic poids lourds (PL), car seuls les véhicules lourds, plus de 50 KN ou 5 Méga grammes (Mg) ou 5 tonnes de charge utile (CU), soit environ plus de 90KN ou 9 Méga grammes (Mg) ou 9 tonnes de poids total en charge autorisé (PTCA), ont un effet significatif sur la fatigue des chaussées.

Cet effet est très largement fonction de la charge par essieu des véhicules : un essieu chargé à 130KN ou 13 Méga grammes (Mg) ou 13 tonnes est en moyenne 4 à 5 fois plus agressif qu'un essieu chargé à 100 KN ou 10 Méga grammes (Mg) ou 10 tonnes.

Les véhicules légers par contre ont un effet négligeable sur les chaussées, ils provoquent uniquement une usure de la couche de roulement et éventuellement une pollution de celle-ci.

Ainsi donc, le seul trafic qui sera pris en compte est le trafic lourd : utilitaires et transport en commun (TC).

III.1.2 Durée de service

Pour les voies de desserte, la politique sera axée sur un investissement réduit. Les chaussées entrant dans ce genre de voie, ont une durée de service allant de 8 à 10 ans. Ainsi, notre route aura pour durer de service 10 ans.

III.1.3 La plate-forme

Les essais CBR effectués au laboratoire de l'office des routes/Goma révèlent que le CBR en ville de Goma est de 16% après quatre jours d'imbibition. Ceci nous a permis de situer la plate-forme du projet dans la classe de S4 sur le guide CEBTP (voir tableau 2.3).

III.1.4 Proposition de la structure selon le guide CEBTP

Notre route appartenant à la catégorie des voies de desserte, par interprétation du Tableau 2.1 présentant le TMJA, nous nous retrouvons donc avec TMJA= 50PL/jour/sens. En ce qui concerne le taux d'accroissement du trafic, le bureau de l'OVD Goma donne un taux d'accroissement géométrique du trafic de 7%. Le trafic PL cumulé sur la durée de service du projet est donné par la formule (1) :

$$N = 365 \times T \times A \times \frac{[(1+r)^n - 1]}{r}$$

N : le trafic PL cumulé en nombre d'essieux standard après n années (nombre de voitures durant toute la vie du projet)

n : la durée de service de notre route est 10 ans

P : charge de référence par essieu P = 13 tonnes en RDC

A : coefficient d'agressivité $(\frac{P}{13})^\delta = A$, avec $\delta = 4,5$ pour les chaussées souples. Nous prévoyons un dépassement de charge de 10% comme marge de sécurité raison de surcharge.

Nous avons $A = (\frac{P+0,1}{13})^\delta = (\frac{13+0,1 \times 13}{13})^{4,5} = 1,54$

r : taux d'accroissement géométrique de 7%

TMJA = T = 50PL/Jour

D'où $N = 365 \times T \times A \times \frac{[(1+r)^n - 1]}{r} = 365 \times 50 \times 1,54 \times \frac{[(1+0,07)^{10} - 1]}{0,07} = 378736,5$ passages

Ayant trouvé la valeur $N \leq 5 \cdot 10^5$, nous aurons donc pour notre projet, **la classe de trafic T1.**

Le guide pratique de dimensionnement pour les pays tropicaux du CEBTP, concernant la classe de trafic T1 et la classe de PF S4, la structure se présente comme suit :

- Couche de base en scories volcaniques de 15cm
- Couche de fondation en GNT concassés de 15cm

Origine, caractéristiques et mise en œuvre des matériaux

- ✓ La couche de base sera réalisée en scories volcaniques de MUNIGI. Les essais effectués sur les échantillons de ce site ont montré que ces matériaux ont des caractéristiques requis pour être pris en couche de base dans les conditions du trafic T1.
- ✓ La couche de fondation sera constituée de grave non traité
- ✓ La couche d'accrochage va jouer le rôle de rendre imperméable la couche de base et assurer la cohésion entre le revêtement et la couche de base. Le bitume fluidifié à séchage moyen 50/100 sera employé avec un dosage de 1,5kg/m².
- ✓ La couche de roulement ou de surface. Pour cette couche de roulement, nous utiliserons l'enrobé avec une formulation suivante :

Formulation 0/15 :

- 50% des poussières 0/2
- 35% des concassés 2/8
- 15% des concassés 8/15
- 6,5% des bitumes.

Ce composé sera préparé en centrale et sera mise en œuvre au finisseur et compacter au moyen des compacteurs à pneus et des tendeurs lisses. Nous devons nous assurer que l'essai Marchal donne une compacité entre 96 et 98%, un fluage inférieur à 4 mm et une stabilité à 60 degré supérieur à 900 kg avant l'emploi.

Pour cette même couche de roulement, nous utiliserons, dans le cas d'une chaussée en pierre, de pavés en pierre taillés de 5cm d'épaisseur.

Trottoirs

Pour permettre aux piétons de circuler aisément, les accotements de la chaussée seront en trottoir d'un seul côté de la chaussée. Notre trottoir sera d'une dimension de 1m de largeur. Il sera construit en pavé de béton. Les pavés seront déposés sur une base en scories volcaniques. Les bordures de séparation de la chaussée avec notre trottoir seront en béton surélevé de 0.5m de longueur sur 0.20m de hauteur.

Structure de notre trottoir

| | |
|-------------------------------|--------|
| Pavé en béton | 6 cm |
| Base en scories volcaniques | 15 cm |
| Fondation en grave non traité | III cm |

III.2 PRESENTATION DES RESULTATS

Dans cette partie du chapitre troisième, nous allons montrer les résultats du dimensionnement de notre route. Ce paragraphe va faire l'objet de (du) :

- Profil en long du projet

- Profil en travers
- Tracé en plan
- Calcul des cubatures des terrassements
- Mouvement de terre

III.2.1 Profil en long du projet

On distingue deux types de profil en long : le profil en long du terrain naturel et le profil en long du projet. Ces deux profils sont généralement présentés sur un même profil comme pour notre cas.

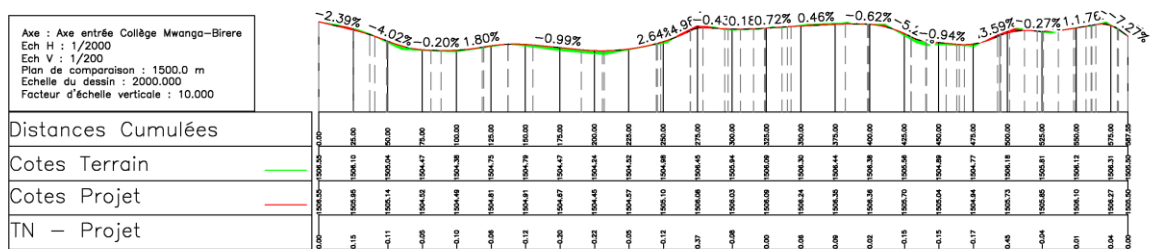


Figure 3.1. Profil en long. Source : Civil 3D

III.2.2 Profil en travers

Le profil en travers d'une route est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface. Le profil en travers peut se rapporter soit au terrain naturel soit au projet. Il existe deux types de profils en travers : le profil en travers type et le profil en travers courant. Pour notre projet nous allons seulement présenter le profil en travers type

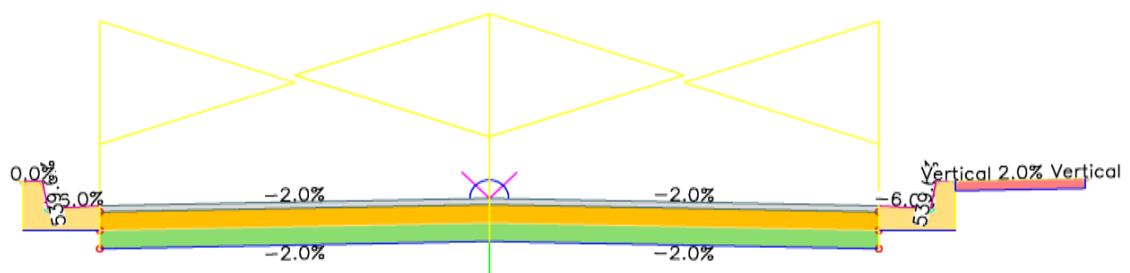


Figure 3.2. Profil en travers. Source : Civil 3D

III.2.3 Tracé en plan

Le tracé en plan est l'un des trois éléments qui permettent de caractériser la géométrie de la route. Il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. Le tracé en plan de notre projet avec les profils en travers y correspondant sont en annexe.

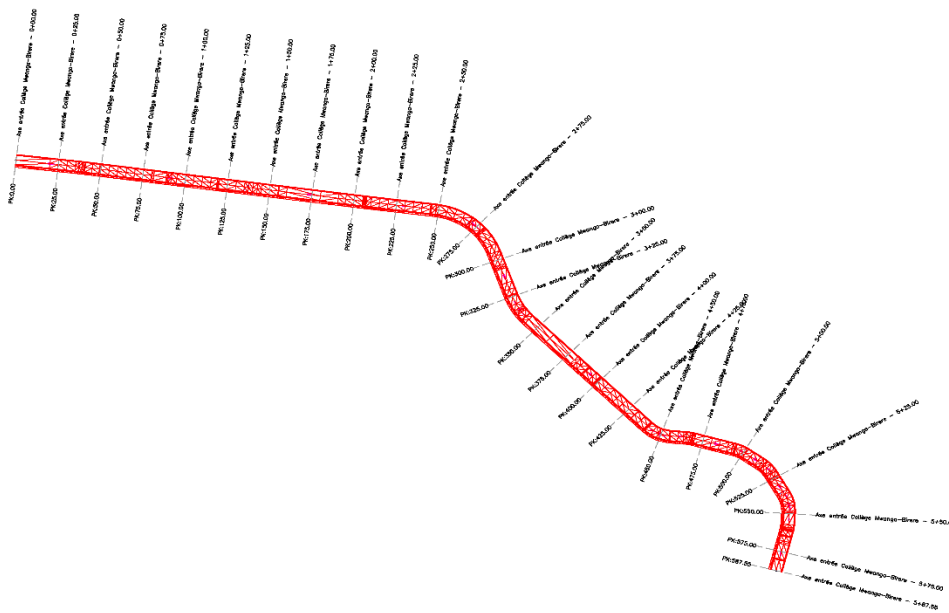


Figure 3.3. Tracé en plan. Source : Civil 3D

III.2.4 Calcul des cubatures des terrassements

Le calcul de cubatures consiste à définir les volumes de déblais et de remblais nécessaires aux travaux de terrassement d'un projet. Il peut être réalisé en comparant un plan topographique à un plan de terrassement ou bien un profil en long du terrain existant à un profil de projet. Pour les profils mixtes, les surfaces des déblais et celles des remblais ne doivent pas être additionnés : D'où la nécessité de faire une étude des mouvements de terres.

III.2.5 Mouvement de terres

L'étude du mouvement de terre pour la réalisation de travaux de terrassement est la recherche de l'optimisation du transport des matériaux disponibles sur un chantier (déblais, emprunt, stocks) pour la construction des remblais. Cette étude se fait généralement avec la méthode de LALANNE.

Dans le but d'assurer l'économie des matériaux, les terres sont transportées des déblais vers les remblais et les excédents sont mis en dépôt. Lorsque les déblais sont insuffisants pour combler les remblais, on est amené à faire des emprunts. Ces transports se réalisent à distances qui sont variables et parfois même indéterminées. Le coût global de transport dépend directement de ces distances, c'est-à-dire de la distance moyenne.

| Table des volumes déblai/remblai totaux | | | | | | | |
|--|----------------|------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------------|---------|
| PK | Surface déblai | Vol déblai | Vol déblai cumulé | Surface remblai | Vol remblai | Vol remblai cumulé | Vol net |
| 0+0.00 | 2.83 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0+25.00 | 4.07 | 86 | 86 | 0.00 | 0 | 0 | 86 |
| 0+50.00 | 2.00 | 76 | 162 | 0.05 | 1 | 1 | 162 |
| 0+75.00 | 2.41 | 55 | 218 | 0.01 | 1 | 1 | 216 |
| 0+100.00 | 1.93 | 54 | 272 | 0.09 | 1 | 3 | 269 |
| 0+125.00 | 2.47 | 55 | 327 | 0.01 | 1 | 4 | 323 |
| 0+150.00 | 1.82 | 54 | 381 | 0.13 | 2 | 5 | 375 |
| 0+175.00 | 1.32 | 39 | 420 | 0.21 | 4 | 10 | 410 |
| 0+200.00 | 1.16 | 31 | 451 | 0.24 | 6 | 15 | 436 |
| 0+225.00 | 2.43 | 45 | 496 | 0.00 | 3 | 18 | 477 |
| 0+250.00 | 1.86 | 54 | 549 | 0.05 | 1 | 19 | 530 |
| 0+275.00 | 5.85 | 96 | 645 | 0.00 | 1 | 20 | 625 |
| 0+300.00 | 2.22 | 101 | 746 | 0.17 | 2 | 22 | 724 |
| 0+325.00 | 2.84 | 63 | 809 | 0.18 | 4 | 26 | 783 |
| 0+350.00 | 3.18 | 75 | 884 | 0.05 | 3 | 29 | 855 |
| 0+375.00 | 3.40 | 82 | 966 | 0.02 | 1 | 30 | 936 |

| | | | | | | | |
|----------|------|-----|------|------|---|----|------|
| 0+400.00 | 2.91 | 79 | 1045 | 0.00 | 0 | 30 | 1015 |
| 0+425.00 | 1.83 | 59 | 1104 | 0.14 | 2 | 32 | 1073 |
| 0+450.00 | 1.68 | 44 | 1149 | 0.10 | 3 | 35 | 1114 |
| 0+475.00 | 1.35 | 38 | 1187 | 0.18 | 4 | 38 | 1148 |
| 0+500.00 | 6.20 | 94 | 1281 | 0.00 | 2 | 40 | 1240 |
| 0+525.00 | 2.49 | 109 | 1390 | 0.24 | 3 | 43 | 1346 |
| 0+550.00 | 2.85 | 67 | 1457 | 0.17 | 5 | 48 | 1409 |
| 0+575.00 | 3.47 | 79 | 1536 | 0.13 | 4 | 51 | 1485 |
| 0+587.55 | 2.77 | 39 | 1575 | 0.22 | 2 | 54 | 1522 |

III.3. COMPARAISON TECHNICO ECONOMIQUE

Le but du présent travail étant une étude comparative entre une chaussée en béton bitumineux et une chaussée en pavés, cette partie va faire l'objet, d'une comparaison sur des plans distincts, de ces deux types de chaussées, ci haut citées.

Préliminairement, nous allons faire une comparaison du point de vue technique et du point de vue économique.

III.3.1 Du point de vue technique

La technique, avec la conception de la résistance, est le point focal d'un dimensionnement de toute structure routière dans le but d'assurer sa dureté sur une période donnée et bien déterminée par les concepteurs. Ce point de vue de comparaison s'avère capitale dans le sens que chacun des matériaux choisis pour la réalisation de cette route, abonde des caractéristiques distinctes attribuant ainsi à chaque matériau des propriétés différentes dans différents domaines d'utilisation.

Parmi ces différents points de comparaison, nous pouvons citer :

- Les chaussées souples plus particulièrement des analyses beaucoup plus approfondies avant la mise en œuvre

- Les chaussées en pierres sont attachées au fait que la pierre est fréquemment utilisée à cause de sa bonne résistance aux sollicitations mécaniques
- Abordons un autre point de comparaison technique sur la mise en œuvre :
 - La mise en œuvre d'une chaussée faite en pierre requiert une certaine connaissance de la main d'œuvre
 - Pour la chaussée souple, la mise en œuvre se fait beaucoup plus manuellement, d'où le besoin d'avoir un personnel très qualifié

III.3.2. Du point de vue économique

Même si l'ingénieur vise la qualité, il doit aussi s'assurer d'exécuter son projet à un coût moins élevé. Le point de vue économique est d'une majeure importance dans la comparaison de nos deux types de chaussée ; en voici les grandes lignes :

- Comme la ville de Goma est une ville volcanique et donc remplie de pierres, la pierre est donc sans l'ombre d'un doute un matériau bon marché comparé au bitume, ceci revient à dire que dans notre ville de Goma, un marché d'achat de la pierre se négocie plus facilement que celui du bitume car ce dernier coûte très cher et requiert plusieurs traités.
- Les chaussées en bitume requièrent de sérieux investissements financiers
- Parlant du temps d'accomplissement d'un projet ; ce facteur joue un important rôle économique du fait que plus on met beaucoup de temps à accomplir un projet et plus le budget s'élevé. Ainsi, dans le but de rendre stable le budget allouer à un projet de construction routier, une chaussée souple serait plus adaptée au préjudice de celle en pierres car avec cette dernière, le pavage prend un temps immense.

Devis estimatif

Chaussée

a. Mise en œuvre de la couche de forme

Longueur de la chaussée : $L = 587\text{m}$; largeur de la chaussée : $l = 7\text{m}$; épaisseur de la couche $e = 0.15\text{m}$; volume $V = L \times l \times e = 587 \times 0.15 \times 7 = 616.35\text{m}^3$

b. Mise en œuvre de la couche de base

Longueur de la chaussée : $L = 587\text{m}$; largeur de la chaussée : $l = 7\text{m}$; épaisseur de la couche $e = 0.15\text{m}$; volume $V = L \times l \times e = 587 \times 0.15 \times 7 = 616.35\text{m}^3$

c. Mise en œuvre de la couche de roulement

Longueur de la chaussée : $L = 587\text{m}$; largeur de la chaussée : $l = 7\text{m}$; épaisseur de la couche $e = 0.05\text{m}$; volume $V = L \times l \times e = 587 \times 0.05 \times 7 = 205.45 \text{ m}^3$

Pavés pour le trottoir

a) Fouille

- Longueur : $L=587\text{m}$
- Largeur : $l= 0.50\text{m}$
- Profondeur $e=0.10\text{m}$

$$\text{Volume } V=2*L*l*e = 2*587*0.50*0.10=58.7 \text{ m}^3$$

b) Béton pour pavés

- Longueur : $L=0.2015\text{m}$
- Largeur : $l=0.1015\text{m}$
- Epaisseur : $e=0.06\text{m}$
- Nombre de pavé $N= 28705$ pavés

$$\text{Volume : } V=N*L*l*e = 28705*0.2015*0.1015*0.06= 35.22\text{m}^3$$

Bordure de la chaussée

a) Fouille

- Longueur chaussée : $L=587\text{m}$
- Largeur : $l=0.30\text{m}$
- Hauteur : $H=0.15\text{m}$

$$\text{Volume fouille: } V=2*L*l*H=2*587*0.30*0.15=52.8\text{m}^3$$

b) Béton pour bordure

- Longueur : $L=0.52\text{m}$
 - Largeur : $l=0.40\text{m}$
 - Epaisseur : $e=0.25\text{m}$
 - Nombre de bordure : $N=2258$ bordures
- Volume : $V=N*L*l*e=2258*0.52*0.40*0.25=117.4\text{m}^3$

Le tableau 3.2 Devis estimatif chaussée souple

| Désignation | Unité | Quantité chaussée | PU USA | en | PT USA | en |
|-----------------------------|-------|----------------------|-----------|----|-----------|----------|
| CHAUSSEE | | | | | | |
| 1 Mise en forme plateforme | m3 | 616,35 | 358 | | 220653,3 | |
| 2 couches de base | m3 | 616,35 | 448 | | 276124,8 | |
| 3 couches de roulement | m3 | 205,45 | 540 | | 110 943 | |
| SOUS TOTAL | | | | | 607721,1 | |
| TROTTOIR | | | | | | |
| 1 Fouille | m3 | 58,7 | 12 | | 704,4 | |
| 2 Béton pour pavé | m3 | 35,2 | 180 | | 6336 | |
| SOUS TOTAL | m3 | | | | 70404, | |
| BORDURE | | | | | | |
| 1 Fouille | m3 | 52,8 | 12 | | 633,6 | |
| 2 Béton pour bordure | m3 | 117,4 | 180 | | 21132 | |
| SOUS TOTAL | | | | | 21765,6 | |
| TOTAL 1 | | | | | 629486,7 | |
| AUTRES POSTES | | | | | | |
| 1 Installation du chantier | | | 7% | | 44064,1 | |
| 2 Contrôle et surveillances | | | 6% | | 37769,2 | |
| 3 Imprévues | | | 10% | | 62948,6 | |
| 4 TVA | | | 16% | | 100717,8 | |
| TOTAL2 | | | | | 245499,7 | |
| TOTAL | | | | | | 874986,4 |

PAVAGE

Achat de 5m^3 des pierres non taillée à la Carrière:

- Achat pierre brut à la carrière : 22\$
- Changement (manutention) : 5\$
- Transport : 20\$
- Taxe: 3\$

S/TOTAL: $50\$/5\text{m}^3$

Sachant que 15m^3 des pierres non taillées valent 5m^3 des pierres taillées en considérant :
1 camion de 5m^3 on a :

- Achat : $50\$ \times 3 = 150\$$
- MO Taille : $50\$ \times 3 = 150\$$

S/TOTAL : $300\$/\text{camion de } 5\text{m}^3$

Donc $1\text{m}^3 = 60\$$

Acheminement chantier :

Chargement : $5\$$

Transport : $30\$$

Taxe : $10\$$

s/total : $45\$$

Le cout total d' 1m^3 des pierres taillées rendues sur chantier = $95\$$ (y compris toutes les taxes)

BENEFICE : 10%

Cout total au $\text{m}^3 = 95 + 9.5 = 104.5\$$

Le tableau 3.3 Devis estimatif chaussée en pierres

| Désignation | Unité | Quantité chaussée | PU USA | en | PT USA | en |
|----------------------------|-------|----------------------|-----------|-------|-----------|----------|
| CHAUSSEE | | | | | | |
| 1 Mise en forme plateforme | m3 | 616,35 | | 358 | 220653,3 | 3 |
| 2 couches de base | m3 | 616,35 | | 448 | 276124,8 | 8 |
| 3 couches de roulement | m3 | 205,45 | | 104,5 | 21469,5 | 5 |
| SOUS TOTAL | | | | | 518247,6 | |
| TROTTOIR | | | | | | |
| 1 Fouille | m3 | 58,7 | | 12 | 704,4 | 4 |
| 2 Béton pour pavé | m3 | 35,2 | | 180 | 6336 | |
| SOUS TOTAL | | | | | 7040,4 | |
| BORDURE | | | | | | |
| 1 Fouille | m3 | 52,8 | | 12 | 633,6 | |
| 2 Béton pour bordure | m3 | 117,4 | | 180 | 21132 | |
| SOUS TOTAL | | | | | 21765,6 | |
| TOTAL 1 | | | | | 547053,6 | |
| AUTRES POSTES | | | | | | |
| 1 Installation du chantier | | | | 7 | 38293,7 | |
| 2 Control et surveillances | | | | 6 | 32823,2 | |
| 3 Imprévues | | | | 10 | 54705,3 | |
| 4 TVA | | | | 16 | 87528,5 | |
| TOTAL2 | | | | | 213350,7 | |
| TOTAL | | | | | | 760404,3 |

Dans l'idée de prôner l'efficacité des routes dans notre pays et plus particulièrement dans la ville de Goma, nous pouvons affirmer qu'une route efficace est celle qui respecte les normes et les paramètres intervenant lors du dimensionnement d'une route.

Les chaussées en béton bitumineux comme les chaussées en pavés, sont toutes efficaces du fait qu'elles remplissent les conditions nécessaires pour la construction routière. Toutefois, le choix de l'une ou de l'autre se fera selon que la route en exécution est d'une quelconque importance. Partant de l'importance du tronçon ciblé, nous pouvons dire que les chaussées souples sont préférables lorsque les travaux sont effectués sur une route d'une grande importance et surtout appartenant à la première catégorie (route nationale,...) quant 'aux chaussées en pierres, elles sont choisies lorsqu'il s'agit de la construction des routes secondaires où il y'a un faible trafic dans le sens que ces dernières se dégradent facilement et très rapidement. A cela s'ajoute le fait que pour réaliser une chaussée souple il faut suffisamment des moyens contrairement à la confection d'une chaussée en pierres, surtout que dans notre ville de Goma la pierre ne coûte pas chère.

CONCLUSION GENERALE

Le but principal de notre travail était la mise sur pied d'une chaussée revêtue en béton bitumineux et d'une autre revêtue en pavés et par la suite faire une comparaison entre ces deux types de chaussée. Notre étude a eu lieu sur le tronçon Collège Mwanga Birere. Signalons que la construction d'une chaussée s'exécute en se basant sur un ensemble de connaissances et des principes prédéfini et prend place dans une démarcation temporelle bien fixe.

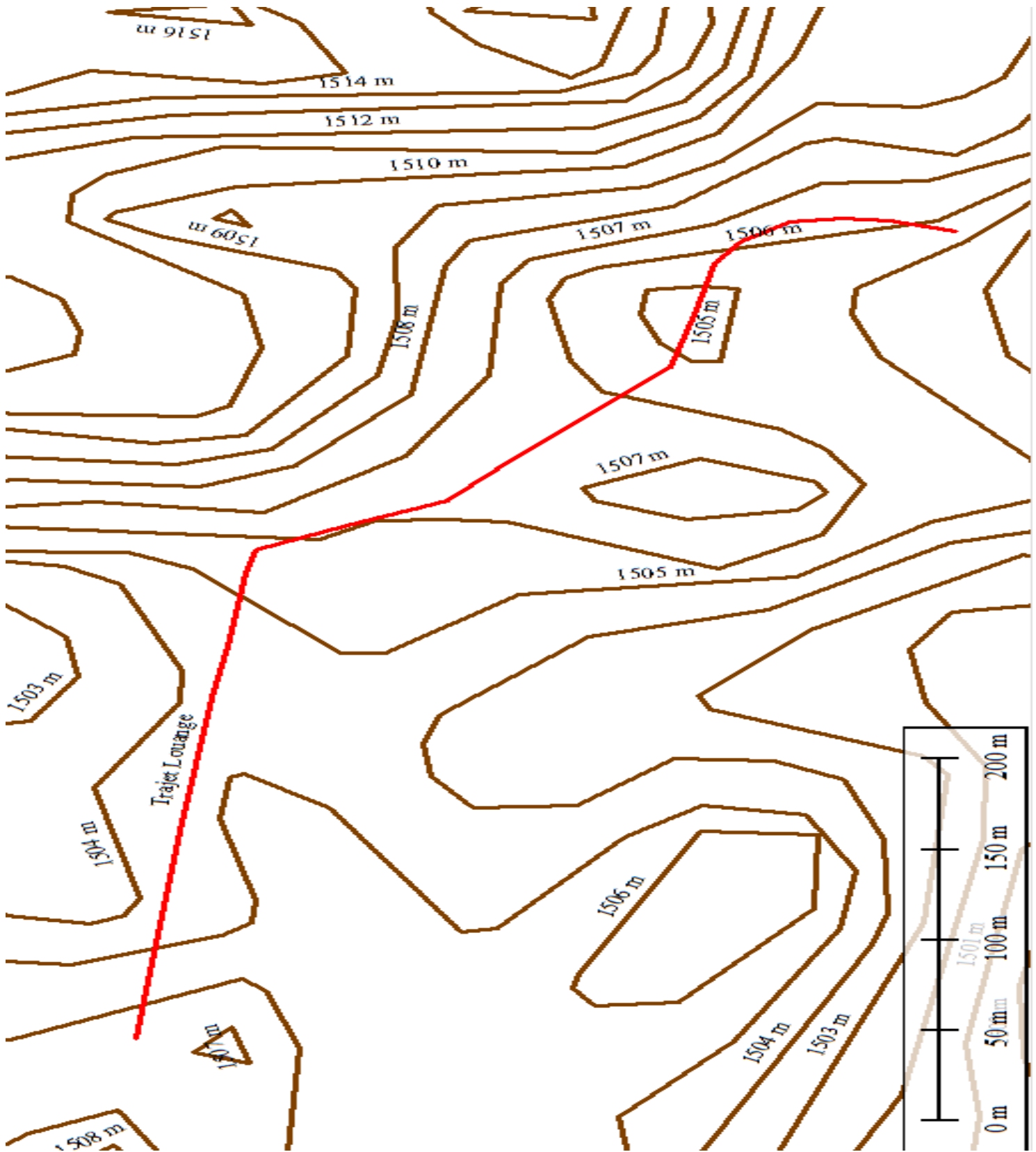
Ce travail a été pour nous l'occasion d'approfondir nos connaissances en matière des infrastructures routières en général et de dimensionnement des chaussées en béton bitumineux et en pavés en particulier. Grâce à l'étude que nous avons mené, nous sommes arrivés à comprendre que pour arriver à faire le dimensionnement d'une chaussée plusieurs paramètres sont pris en compte dont principalement la charge du trafic et la capacité portante de la plateforme ; paramètres avec lesquels nous sommes arrivé à atteindre nos résultats. Ainsi, en se référant aux résultats obtenus dans la présente étude, une route qui résiste à des sollicitations diverses et ayant un trafic permanent répondant aux conditions de sécurité acceptables pour les usagers, est celle que nous avons décrite et étudiée dans ce travail avec comme objectif de rendre le tronçon Collège Mwanga Birere de Goma conforme à toutes les normes de construction routière.

Bibliographie

- 1 GABRIEL KASHALA Djibril, cours de routes, G3GC, ULPGL-GOMA, 2021-2022
- 2 Directives pour la réalisation de surfaces de chaussées en béton bitumineux SETRA-LCPC (1969) cité par Jean BERTHIER, Ecole nationale des ponts et chaussées
- 3 ALLY ALINABIWE, cours de Physique et technologie du béton, G3GC, ULPGL-GOMA, 2021-2022
- 4 Guide de la définition et des bons usages des Matériaux de revêtement et du petit mobilier urbain relatifs à l'espace public, Année 2011, Pays de Gâtine, www.gatine.org.
- 5 Jean BOSCO MUSHAGE, cours d'éléments de Géologie et pétrologie, G2GC, ULPGL-GOMA, 2020-2021
- 6 Google earth
- 7 Guide technique de conception et de dimensionnement de structures de chaussées communautaires, C.
- 8 Hervé BRUNEL, cours de routes, département de génie civil Université d'Orléans
- 9 Prof THIAULA, cours de construction des routes, tome 2, UNIKIN, P100

ANNEXES

Courbes de niveau



Coordonnées topographiques du projet

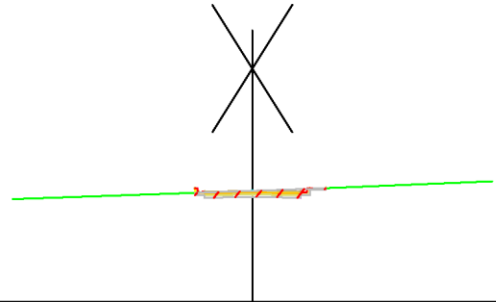
| coordonnées topographique de la surface contenant l'axe en étude | | | |
|--|------------|-------------|----------|
| N° | X | y | z |
| 1 | 748489.295 | 9814406.665 | 1506.018 |
| 2 | 748489.295 | 9814368.446 | 1506.42 |
| 3 | 748489.295 | 9814330.228 | 1508.252 |
| 4 | 748489.295 | 9814292.009 | 1507.019 |
| 5 | 748527.514 | 9814406.665 | 1506.052 |
| 6 | 748527.514 | 9814368.446 | 1506 |
| 7 | 748527.514 | 9814330.228 | 1506.422 |
| 8 | 748527.514 | 9814292.009 | 1507.552 |
| 9 | 748527.514 | 9814253.791 | 1505.592 |
| 10 | 748565.732 | 9814406.665 | 1505.503 |
| 11 | 748565.732 | 9814368.446 | 1505.433 |
| 12 | 748565.732 | 9814330.228 | 1505.432 |
| 13 | 748565.732 | 9814292.009 | 1506.837 |
| 14 | 748565.732 | 9814253.791 | 1506.01 |
| 15 | 748603.951 | 9814368.446 | 1504.451 |
| 16 | 748603.951 | 9814330.228 | 1503.879 |
| 17 | 748603.951 | 9814292.009 | 1504.845 |
| 18 | 748603.951 | 9814253.791 | 1505.986 |
| 19 | 748603.951 | 9814215.572 | 1504.44 |
| 20 | 748642.169 | 9814368.446 | 1503.484 |
| 21 | 748642.169 | 9814330.228 | 1503.563 |
| 22 | 748642.169 | 9814292.009 | 1504.548 |
| 23 | 748642.169 | 9814253.791 | 1505.98 |
| 24 | 748642.169 | 9814215.572 | 1504.016 |
| 25 | 748680.388 | 9814368.446 | 1503.028 |
| 26 | 748680.388 | 9814330.228 | 1503.974 |
| 27 | 748680.388 | 9814292.009 | 1504.979 |
| 28 | 748680.388 | 9814253.791 | 1505.426 |
| 29 | 748680.388 | 9814215.572 | 1503.449 |
| 30 | 748718.606 | 9814368.446 | 1502.474 |
| 31 | 748718.606 | 9814330.228 | 1503.408 |
| 32 | 748718.606 | 9814292.009 | 1504.413 |
| 33 | 748718.606 | 9814253.791 | 1504.991 |
| 34 | 748718.606 | 9814215.572 | 1503.582 |
| 35 | 748718.606 | 9814177.354 | 1503.569 |
| 36 | 748756.825 | 9814330.228 | 1502.971 |

| | | | |
|----|------------|-------------|----------|
| 37 | 748756.825 | 9814292.009 | 1503.977 |
| 38 | 748756.825 | 9814253.791 | 1505.539 |
| 39 | 748756.825 | 9814215.572 | 1504.578 |
| 40 | 748756.825 | 9814177.354 | 1504.003 |
| 41 | 748795.043 | 9814330.228 | 1503.549 |
| 42 | 748795.043 | 9814292.009 | 1504.54 |
| 43 | 748795.043 | 9814253.791 | 1505.974 |
| 44 | 748795.043 | 9814215.572 | 1505.571 |
| 45 | 748795.043 | 9814177.354 | 1504.574 |
| 46 | 748795.043 | 9814139.135 | 1505.704 |
| 47 | 748833.262 | 9814330.228 | 1505.702 |
| 48 | 748833.262 | 9814292.009 | 1507.212 |
| 49 | 748833.262 | 9814253.791 | 1506.024 |
| 50 | 748833.262 | 9814215.572 | 1506 |
| 51 | 748833.262 | 9814177.354 | 1506.131 |
| 52 | 748833.262 | 9814139.135 | 1507.565 |
| 53 | 748833.262 | 9814100.917 | 1507.129 |
| 54 | 748871.480 | 9814330.228 | 1509.239 |
| 55 | 748871.480 | 9814292.009 | 1510.648 |
| 56 | 748871.480 | 9814253.791 | 1507.75 |
| 57 | 748871.480 | 9814215.572 | 1506.581 |
| 58 | 748871.480 | 9814177.354 | 1506.436 |
| 59 | 748871.480 | 9814139.135 | 1506.866 |
| 60 | 748871.480 | 9814100.917 | 1506.861 |
| 61 | 748871.480 | 9814062.698 | 1505.431 |
| 62 | 748909.699 | 9814292.009 | 1511.988 |
| 63 | 748909.699 | 9814253.791 | 1510.165 |
| 64 | 748909.699 | 9814215.572 | 1507.604 |
| 65 | 748909.699 | 9814177.354 | 1506.016 |
| 66 | 748909.699 | 9814139.135 | 1504.874 |
| 67 | 748909.699 | 9814100.917 | 1505.998 |
| 68 | 748909.699 | 9814062.698 | 1504.432 |
| 69 | 748947.917 | 9814253.791 | 1511.01 |
| 70 | 748947.917 | 9814215.572 | 1508.051 |
| 71 | 748947.917 | 9814177.354 | 1505.465 |
| 72 | 748947.917 | 9814139.135 | 1504.569 |
| 73 | 748947.917 | 9814100.917 | 1505.434 |
| 74 | 748947.917 | 9814062.698 | 1504.56 |
| 75 | 748947.917 | 9814024.480 | 1503.394 |
| 76 | 748986.136 | 9814177.354 | 1507.259 |
| 77 | 748986.136 | 9814139.135 | 1506.695 |
| 78 | 748986.136 | 9814100.917 | 1505.566 |

| | | | |
|----|------------|-------------|----------|
| 79 | 748986.136 | 9814062.698 | 1506.122 |
| 80 | 748986.136 | 9814024.480 | 1504.091 |
| 81 | 749024.354 | 9814100.917 | 1506.57 |
| 82 | 749024.354 | 9814062.698 | 1508.127 |
| 83 | 749024.354 | 9814024.480 | 1507.215 |
| 84 | 749062.573 | 9814062.698 | 1509.564 |
| 85 | 749062.573 | 9814024.480 | 1509.519 |

Profil en travers courant

PL : Axe entrée Collège Mwanga–Birere
 PT : Axe entrée Collège Mwanga–Birere - 0+00.00
 PK : 0.00m
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/500
 PC : 1500.0



| | | | | | | | | |
|------------------|-----------|---------|--------|--|--|--|--|---------------|
| | Distances | 1506.06 | -15.00 | | | | | |
| Altitudes TN | | | | | | | | 1507.11 15.00 |
| | Distances | | | | | | | |
| Altitudes Projet | | | | | | | | |
| | Distances | | | | | | | |
| Altitudes Assise | | | | | | | | |

