



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie Civil

Option : Voies et ouvrages d'art

Présenté par :

BENAOUALI AMEL
BOUABDELLI MISSOUME YANIS

Sujet du mémoire

**ÉTUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE
FERROVIAIRE A VOIE UNIQUE TIARET – SAIDA**

Soutenu publiquement ledevant le jury composé de :

| | | |
|-------------------|--------------------|------------|
| Mr, | M.AIT AMAR MEZIANE | Président |
| Mr, | R. BENFERHAT | Rapporteur |
| M ^{me} , | L.KHARROUBI | Examineur |
| M ^{lle} | S.AIT YAHIA | Examineur |

PROMOTION : 2019/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement :

Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans la volonté d'Allah qui nous a offert la santé, la force, le courage et la volonté jusqu'au dernier moment.

Nous remercions ALLAH pour ça et tout le reste.

On tient à témoigner nos remerciements à tous ceux qui ont aidés et encourager particulièrement à :

Notre encadreur monsieur Benferhat Rabia qui nous a guidés pour obtenir ce travail.

Benkhader Ahmed pour son aide et son assistance pour la partie logiciel et la partie théorique

Madame Ouazir qui a partagé avec nous son savoir pour qu'on puisse présenter ce mémoire

Les membres de jury qui nous feront l'honneur d'examiner notre modeste travail

A decorative circular frame with a dashed line border. At the top, three black graduation caps are arranged in a semi-circle. On the left and right sides, there are yellow scrolls tied with red ribbons. The bottom part of the frame is decorated with blue and white flowers. The text is centered within the frame.

Dédicace

Je dédie ce projet

A ma chère mère, à mon cher père,

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon
égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse
atteindre mes objectifs.*

A mes frères, Khaled et Yassine

A mes sœurs, Bassmala et Nadjet

*Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout
au long de mes études.*

A mon cher grand-père,

Qui je souhaite une bonne santé.

A mon binôme Yanis pour son entente et sa sympathie.

A ma chère cousine, Fairouz Bahidja

Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.

A mon encadreur, R. Benferhet

A toute ma famille

Amel

DEDICACE

Au nom d'Allah le tout miséricordieux

Je dédie ce modeste travail à mes parents, à qui je dois tout et qui ont fait de moi celui que je suis, ce travail est le fruit des sacrifices qu'ils ont consentis pour mon éducation et ma formation.

A mon frère, à ma sœur et ma femme qui m'ont soutenu durant mon scolarité.

A tous les amis : Tadj, Ilyes, M'hamed, Nabil mariné, Sofiane, Boulard

Miss O et Phila

Et à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce mémoire

ملخص:

السكك الحديدية هي نظام نقل موجه يستخدم لنقل الركاب و البضائع يتكون من مسار السكة الحديدية و قاطرة.

هذا المشروع يتمثل أساسا في دراسة التصميم التفصيلي لمقطع من خط السكة الجديدة الجديد المكهرب أحادي-السكة بين تيارت و سعيدة و هذا بين النقطة الكيلومترية 000+08 و النقطة الكيلومترية 000+18 بطول 10 كلم.

صمم هذا المشروع بناءا على معايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (UIC) و قد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع باستخدام برنامج COVADIS9.1

RÉSUMÉ :

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au déplacement de personnes et de marchandises, il se compose de ligne ferroviaire et matériel roulant.

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude d'avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique reliant Tiaret à Saida, du PK08+000 au PK 18+000, pour un linéaire de 10km.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées de la ligne ferroviaire projetée est basée sur les normes de l'union internationale des chemins de fer(UIC). La modélisation géométrique du projet a été exécutée à l'aide du logiciel Covadis 9.1

Abstract:

The railways is a guided transport system used to transferring passenger and goods, it consists of a railway line and a rolling locomotive.

The present project consists essentially of the detailed design study of a section of the new single track railway connecting Tiaret-Saida, this section is from Pk 08+000 to the PK 18+000, for a linear of 10km.

The identification of the most appropriate technical characteristics of the proposed railway line will be based on the standards that are followed by the International Union of Railways(UIC). The geometric modeling of the project was executed using Covadis 9.1 software

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Transport ferroviaire | |
| I.1 Introduction | 2 |
| I.2 Historique du transport ferroviaire | 2 |
| I.3 Types de chemin de fer : | 3 |
| I.4 Les avantages et les inconvénients du transport ferroviaire | 4 |
| I.4.1 Les Avantages | 4 |
| I.4.2 Les inconvénients | 5 |
| I.5 Union internationale des chemins de fer (UIC) | 6 |
| I.5.1 Membre de l'UIC | 6 |
| I.5.2 Classification des ligne UIC | 6 |
| I.6 Transport ferroviaire en Algérie | 7 |
| I.6.1 L'histoire du chemin de fer en Algérie | 7 |
| I.6.2 Réseaux ferroviaires algériens | 8 |
| I.7. Programme ferroviaire national | 9 |
| I.7.1 Les rocares | 9 |
| I.7.2 Les pénétrantes | 11 |
| I.7.3 Ligne minière | 12 |
| I.7.4 Les boucle | 13 |
| I.8 Conclusion | 14 |

Chapitre II : Présentation du projet

| | |
|---|----|
| II.1 Introduction | 15 |
| II .2 Objectif du projet | 18 |
| II .3 Les acteurs du projet | 18 |
| II .4 Caractéristiques techniques | 19 |
| II .4.1 Caractéristique de base | 19 |
| II .4.2 Caractéristiques de voie | 19 |
| II .4.3 Caractéristique de superstructure | 19 |
| II .5 Le tronçon étudié | 20 |

Chapitre III : Etude géométrique

| | |
|---|----|
| III.1 Introduction | 21 |
| III.2 Tracé en plan | 21 |
| III.2.1 Paramètre de conception du tracé de la voie | 21 |
| III.2.1.1 Paramètre relevant de la sécurité | 21 |
| III.2.1.2 Paramètres relevant du confort | 21 |
| III.2.2 Elément de tracé en plan | 22 |
| III.2.3 Règles à respecter dans le tracé en plan | 23 |
| III.2.4 Le rayon minimal | 23 |
| III.2.5 Dévers | 24 |
| III.2.5.1 Dévers maximal | 24 |
| III.2.5.2 Dévers théorique | 24 |
| III.2.5.3 Dévers pratique | 24 |
| III.2.5.4 Insuffisance de dévers (I) | 25 |

| | |
|---|----|
| III.2.5.5 Excès de dévers (E) | 25 |
| III.2.5.6 Raccordement du dévers | 25 |
| III.2.5.7 Variation du dévers | 25 |
| III.2.5.8 Variation d'insuffisance de dévers | 25 |
| III.2.5.9 Application au projet | 26 |
| III.3 Profil en long | 28 |
| III.3.1 Les éléments du profil en long | 28 |
| III.3.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long | 28 |
| III.3.3 Coordination du tracé en plan et profil en long : | 29 |
| III.3.4 Élément caractéristique du profil en long | 29 |
| III.3.4.1 Déclivité maximale | 29 |
| III.3.4.2 Raccordements admissibles en raccordement en profil en long | 30 |
| III.3.4.3 Longueur des éléments en long | 31 |
| III.3.4.4 Application numérique | 31 |
| III.3.4.5 Calcul des éléments de raccordements verticaux | 32 |
| III.4 Conclusion | 33 |
| Chapitre IV : Etudes géotechniques | |
| IV.1 Introduction | 34 |
| IV.2 Aperçu géologique | 34 |
| IV.3 Etude Géotechnique | 34 |
| IV.4 La reconnaissance par sondages | 34 |
| IV.4.1 Les sondages carottés | 34 |
| IV.4.2 Puits de reconnaissance | 34 |

| | | |
|----------|--|----|
| IV.4.3 | Interprétation des résultats | 36 |
| IV.5 | Essai de laboratoire | 36 |
| IV.5.1 | Les essais d'identification physique | 36 |
| IV.5.1.1 | Le poids volumique du sol sec « W_s » | 36 |
| IV.5.1.2 | Degré de saturation S_r | 36 |
| IV.5.1.3 | Teneur en eau | 36 |
| IV.5.1.4 | Indice des vides | 36 |
| IV.5.1.5 | Analyse granulométrique | 37 |
| IV.5.1.6 | Limites d'Atterberg | 39 |
| IV.5.1.7 | Essai de bleu méthylène | 40 |
| IV.6 | Les essais mécaniques | 40 |
| IV.6.1 | Essai de cisaillement à la boîte de Casagrande | 40 |
| IV.6.2 | Indice Portant Immédiat (IPI) | 41 |
| IV.6.3 | Essai Proctor | 41 |
| IV.7 | Conditions d'utilisation des sols en Remblais | 42 |
| IV.8 | Classification de sol (selon les fiches UIC et la norme NFP 11-300 et GTR) | 42 |
| IV.9 | Conclusion | 43 |

Chapitre V : Dimensionnement de la structure d'assise

| | | |
|-------|-----------------|----|
| V.1 | Introduction | 44 |
| V.2 | Couche d'assise | 44 |
| V.2.1 | Ballast | 44 |
| V.2.2 | Sous couche | 45 |

| | |
|------------------------------------|----|
| V.3 Plate-forme | 46 |
| V.3.1 Epaisseur de couche de forme | 47 |
| V.4 Epaisseur de couche d'assise | 47 |
| V.5 Conclusion | 50 |

Chapitre VI : profil en travers et cubature

| | |
|--|----|
| VI.1 Introduction | 51 |
| VI.2 Les éléments du profil en travers | 51 |
| VI.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en travers | 52 |
| VI.4 Gabarit ferroviaire | 52 |
| VI.5 Gabarit du projet | 52 |
| VI.6 Profil en travers type | 53 |
| VI.7 Calcul des cubatures | 54 |
| VI.7.1 Description de la méthode | 54 |
| VI.7.2 Résultats de calcul des cubatures | 56 |
| VI.8 Conclusion | 57 |

Chapitre VII : Superstructure de la voie

| | |
|--|----|
| VII.1 Introduction | 58 |
| VII.2. La voie | 58 |
| VII 2.1 La rail | 58 |
| VII.2.1.1 Rail Vignole | 60 |
| VII.2.1.2 Assemblage des rails | 61 |
| VII.2.2 Les Traverses | 63 |
| VII.2.3 Les accessoires de pose transversale | 65 |

| | |
|---|----|
| VII.2.3.1 La Semelle | 65 |
| VII.2.3.2 Les Attaches | 65 |
| VII.2.4 Les appareils de voie | 67 |
| VII.3 Les caractéristiques des composantes de la voie adoptée pour notre projet | 68 |

Chapitre VIII : Signalisation Ferroviaire

| | |
|---|----|
| VIII.1. Introduction | 69 |
| VIII.2. Le rôle de la signalisation ferroviaire | 69 |
| VIII.3. Genre et étalon de signalisation ferroviaire | 69 |
| VIII.4. Equipements de la signalisation | 70 |
| VIII.5. Fonctions des signaux | 71 |
| VIII.5.1 La signalisation à main | 71 |
| VIII.5.2 La signalisation au sol | 71 |
| VIII.5.3 Signalisation de cabine | 74 |
| VIII.6. Implantation des signaux | 74 |
| VIII.7. Visibilité des signaux | 75 |
| VIII.8. Les lignes à une seule voie | 75 |
| VIII.8.1 La voie unique à signalisation simplifiée (VUSS) | 76 |
| VIII.8.2 La voie unique à trafic restreint(VUTR) | 76 |
| VIII.9. Conclusion | 76 |

Chapitre VIII : Devis quantitatif et estimatif 77-78

Conclusion générale

Bibliographie

ANNEXES

Liste des figures

Chapitre I : Transport ferroviaire

| | |
|--|-----|
| Figure I.1 : Différent Types de chemin de fer | 3-4 |
| Figure I.2 : Membre de l'UIC | 6 |
| Figure I.3 : Réseau ferroviaire de 1871 à 2016 | 9 |
| Figure I.4 : Rocade nord | 10 |
| Figure I.5 : Rocade des hauts plateaux | 10 |
| Figure I.6 : Pénétrante ouest | 11 |
| Figure I.7 : Pénétrante est | 11 |
| Figure I.8 : Pénétrante centre | 12 |
| Figure I.9 : Ligne minière | 12 |
| Figure I.10 : Boucle sud-ouest | 13 |
| Figure I.11 : Boucle sud-est | 13 |

Chapitre II : Présentation du projet

| | |
|---|----|
| Figure II.1 : Carte de situation du projet | 15 |
| Figure II.2 : Localisation géographique du tronçon étudié | 20 |

Chapitre III : Etude géométrique

| | |
|--|----|
| Figure III.1 : Elément de tracé en plan | 22 |
| Figure III.2 : Rampe maximale admissible | 29 |
| Figure III.3 : Rampe maximale admissible | 31 |

Chapitre V : Dimensionnement de la structure d'assise

| | |
|--|----|
| Figure V.1 Le ballast de chemin de fer | 44 |
| Figure V.2 : Les différentes couches de la plate-forme | 46 |
| Figure V.3 Schéma des épaisseurs des différentes couches | 50 |

Chapitre VI : Profil en travers et cubature

| | |
|---|----|
| Figure VI.1 Les éléments du profil en travers | 51 |
| Figure VI.2 Profil en travers type mixte | 53 |
| Figure VI.3 Profil en travers type cas de déblai | 53 |
| Figure VI.4 Profil en travers type cas de remblai | 54 |
| Figure VI.5 Les sections d'un profil en travers d'un tracé donné | 55 |
| Figure VI.6 Les positions des sections dans un profil en long donné | 55 |

Chapitre VII : Superstructure de la voie

| | |
|---|----|
| figure VII.1 Constituants de la superstructure de la voie ferrées | 58 |
| figure VII.2 Rail a gorge et rail vignole | 59 |
| figure VII.3 Rail à double champignon | 59 |
| Figure VII.4 Rail Vignole | 60 |
| Figure VII.5 Assemblage du rail par des éclisses | 61 |
| Figure VII.6 Constituant de l'éclisse | 61 |
| Figure VII.7 Assemblage des rails par soudure des LRS | 62 |
| Figure VII.8 Traverse en bois | 63 |
| Figure VII.9 Traverse métallique | 64 |
| Figure VII.10 Traverse mono bloc | 64 |
| Figure VII.11 Traverse bi-bloc | 65 |
| Figure VII.12 Attache élastique Nabla | 66 |
| Figure VII.13 Attache élastique E-clip | 66 |
| Figure VII.14 Liaison rail-traverse | 66 |
| Figure VII.15 Appareils de voie type branchement | 67 |

Figure VII.16 Appareils de voie type traversé 68

Chapitre VIII : Signalisation Ferroviaire

Figure VIII.1 : Schéma des principaux types de signaux lumineux latéraux 70

Figure VIII.2 : Les signaux à main 71

Figure VIII.3 : Repère d'arrêt ETCS 74

Figure VIII.4: Repère NF de la TVM 74

Figure VIII.5 : Jalon de manœuvre de la TVM 74

Liste des tableaux

Chapitre I : Transport ferroviaire

| | |
|---|---|
| Tableau I.1 : Classification des lignes UIC | 7 |
|---|---|

Chapitre II : Présentation du projet

| | |
|--|----|
| Tableau II.1 Donnée général des wilayas concernées | 17 |
|--|----|

Chapitre III : Etude géométrique

| | |
|--|----|
| Tableau III.1 Valeur maximale des dévers | 24 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tableau III.2 Les valeurs des caractéristiques de tracé en plan | 27 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Tableau III.3 Valeur de rayon de raccordement en profil en long | 30 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tableau III.4 Longueur minimale des éléments du profil en long | 30 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tableau III.5 Valeurs des caractéristiques du profil en long | 31 |
|--|----|

Chapitre IV : Etudes géotechniques

| | |
|--|----|
| Tableau IV.1 Description lithologique du sol | 35 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tableau IV. 2 d , S_b , W et e de notre projet | 37 |
|--|----|

| | |
|-------------------------------------|----|
| Tableau IV. 3 Etude granulométrique | 38 |
|-------------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| Tableau IV.4 Classement de GTR | 38 |
|--------------------------------|----|

| | |
|---|----|
| Tableau IV.5 Les résultats pour les limites d'Atterberg | 39 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tableau IV.6 Les sous classements de GTR | 40 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tableau IV.7 L'essai de bleu méthylène | 40 |
|--|----|

| | |
|------------------------------------|----|
| Tableau IV.8 Essai de cisaillement | 41 |
|------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| Tableau IV.9 Essai IPI | 41 |
| Tableau IV.10 Essai Proctor | 41 |
| Tableau IV.11 Classification de sol sur le tracé | 43 |

Chapitre V : Dimensionnement de la structure d'assise

| | |
|---|----|
| Tableau V.1 Les épaisseurs des couches de forme selon les classes des sols et portance envisagé | 47 |
| Tableau V.2 Paramètre de classification de couche d'assise | 49 |

Chapitre VI : Profil en travers et cubature

| | |
|--|----|
| Tableau VI.1 Volume des terrassements | 56 |
| Tableau VI.2 Volumes des couches d'assise ferroviaires | 57 |

Chapitre VII : Superstructure de la voie

| | |
|---|----|
| Tableau VII.1 Les caractéristiques des composantes de la voie adoptée pour notre projet | 68 |
|---|----|

Chapitre VIII : Signalisation Ferroviaire

| | |
|--|-------|
| Tableau VIII.1 Les signaux d'arrêt | 71-72 |
| Tableau VIII.2 Les signaux d'annonce d'arrêt | 73 |
| Tableau VIII.3 Visibilité des signaux | 75 |

Introduction Générale

INTRODUCTION :

Le transport représente un des piliers fondamentaux du développement de la prospérité de tout pays. Des systèmes de transport efficaces et des réseaux modernes sont donc une nécessité pour le développement économique, le bien-être social, la production à grande échelle.

L'infrastructure de transport est constitué d'un ensemble de moyens dont la finalité est de satisfaire un besoin de déplacement et de mobilité des citoyens dans les meilleures condition de confort, de sécurité de disponibilité, de cout, d'efficacité, etc.

En Algérie, les secteurs des transports connaissent une véritable mutation. Un grand nombre de projets ont été réalisés ou sont en phase de réalisation, afin de rendre ces secteurs plus performant et plus efficace dans ces contributions dans le développement économiques du pays.

Parmi ces secteurs on trouve le secteur du transport ferroviaire qui a connu un développement remarquable dans les dernières années.

Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes d'Afrique. Il fait son apparition à la fin du XIXe siècle, il sert au transport de personnes et de marchandises, aussi pour but de désenclaver les régions éloignées du pays et d'assurer une croissance économique et sociale équilibrée.

Parmi ces projets on compte la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique à trafic mixte « voyageurs, marchandises» reliant la wilaya de Tiaret PK 0 et la wilaya de Saida sur un linéaire de 153km.

Notre présent projet de fin d'étude consiste à faire une étude avant-projet-détaillé « APD » d'un tronçon appartenant à cette ligne situé dans la wilaya de Tiaret sur la linéaire de 10 km allant du PK 08+000 jusqu'à PK 18+000

Ce travail est structuré en neuf chapitres comme suit :

- Transport ferroviaire
- Présentation du projet
- Etude géométrique
- Etude géotechnique
- Dimensionnement de la structure d'assise
- Profil en travers et cubature
- Constituant de la voie
- Signalisation ferroviaire
- Devis quantitatifs et estimatifs du projet

Et pour finir une conclusion générale sur le travail effectué .

Transport Ferroviaire

I.1 Introduction :

Le transport ferroviaire c'est le mode d'acheminement des voyageurs et des marchandises par voie ferrée. Le transport ferroviaire ou transport par **chemin de fer**, est un système de transport guidé servant au déplacement de personnes et de marchandises, il se compose d'une infrastructure spécialisée, de matériel roulant et de procédure d'exploitation faisant parfois intervenir l'humain. Les transports ferroviaires sont présents dans le milieu de commerce national et international grâce aux trains de marchandises .en effet, ces trains appelés aussi trains de fret servent à déplacer d'un point à un autre toute marchandise. Les trains voyageurs, ce type de transport ferroviaire est composé d'un engin moteur, suivi de plusieurs locomotives et une ou plusieurs voitures, ou les voyageurs installés.

Dans les pays développés, le transport ferroviaire réduit de plus en plus des distances entre les villes. Donc il joue depuis toujours un rôle clé dans le développement économique de la plupart des pays.

I.2 Historique du transport ferroviaire :

Le développement du territoire s'est fait autour des installations ferroviaires .le chemin de fer ont joué un rôle primordial dans l'industrialisation et le développement du pays.

L'invention du rail était au 16ème siècle. Qu'ils sont utilisés dans les mines, pour le transport des lourdes charges dans des chariots à quatre roues .Par la suite, ils ont modifié pour s'adapter à d'autres types de wagons .Donc on peut dire que le principe du rail est le point de départ de l'histoire du train.

Denis Papin imagine la première machine vapeur à piston à laquelle l'Anglais **James Watt** apporte quelques perfectionnements. C'était en 1671.

En 1767, l'apparition des premiers rails en fer, puis **Richard Trevithick** construit la première «**locomotive**» sur voie ferrée, appliquant la théorie de l'énergie de la vapeur de **Dennis Papin** en 1803, un premier voyage fait admettre, malgré quelques dégâts. Le premier transport de voyageurs a lieu en 1807 en **Grande-Bretagne**, mais les passagers se plaignent des pluies de charbons qui déclenchent des incendies.

La première ligne ferroviaire au monde **Stockton - Darlington** a été inaugurée dans les **Midlands** en **Angleterre**. Il s'agit de la transposition à l'air libre d'un chemin de fer minier,

avec des chevaux et des machines à vapeur fixes qui tirent les wagonnets. Outre le transport du charbon, elle s'accommode du transport de voyageurs. C'était en 1825.

En 1827, en France, une première ligne est installée entre Andrézieux et Saint-Etienne pour le transport de minerais. Puis l'année 1842 et toujours en France, voit la mise en place d'un réseau comprenant sept grandes lignes convergeant à Paris et deux lignes transversales.

A partir de 1840, aux USA apparaît un nouveau type de voies qui va devenir un classique dans le monde entier. Ce sont des rails à base plate, posés sur des traverses en bois et cloués directement sur les poutres. La locomotive qu'est nommée la Pacific et reste un modèle de souplesse et de puissance, adopté par presque tous les pays dans les années 1900.

A partir de 1900, les efforts des compagnies ferroviaires s'orientent vers de machine à vapeur encore plus puissante et perfectionnées, pour aboutir finalement aux machines électriques.

En 1914, c'est la naissance du chemin de fer moderne. À partir de l'avènement de l'électricité.

I.3 Types de chemin de fer : quelques types de chemin de fer



Tramway



Le train à sustentation



Le métro



Techniques particulières



Techniques particulières

Le téléphérique

Figure I.1 : Différent Types de chemin de fer

I.4 Les avantages et les inconvénients du transport ferroviaire :

Le transport ferroviaire représente l'essence même de la révolution industrielle, sociale et commerciale. Lorsqu'il s'agit de transporter des marchandises et voyageurs sur de longues distances, peu de modes de transport s'avèrent aussi efficaces que le chemin de fer. C'est pourquoi il est toujours un transport le plus parfait grâce à ses avantages.

I.4.1 Les Avantages :

- ❖ C'est un mode de transport le plus fiable, car il est le moins touché par les conditions météorologiques telles que les pluies, le brouillard...etc
- ❖ Le transport ferroviaire est mieux organisé que toute autre forme de transport. Il a des itinéraires et des horaires fixes. Son service est plus sûr, uniforme et régulier par rapport aux autres modes de transport.
- ❖ Sa vitesse sur de longues distances est supérieure à tout autre mode de transport, à l'exception des voies aériennes. C'est donc le meilleur choix pour le trafic longue distance.
- ❖ Le transport ferroviaire est économique, plus rapide et mieux adapté au transport de marchandises lourdes et volumineuses sur de longues distances.
- ❖ C'est un mode de transport moins coûteux par rapport aux autres modes de transport. Le transport ferroviaire est économique en termes de main-d'œuvre, car un seul conducteur et un seul garde suffisent pour supporter une charge beaucoup plus importante que le transport motorisé.
- ❖ Le chemin de fer est le moyen de transport le plus sûr. Les risques d'accident et de panne des chemins de fer sont minimes comparés aux autres modes de transport. De plus, le trafic peut être protégé de l'exposition au soleil, aux pluies, à la neige, etc.
- ❖ La capacité de charge des chemins de fer est extrêmement grande. De plus, sa capacité est élastique, ce qui peut facilement être augmenté en ajoutant plus de wagons.

- ❖ C'est la plus grande entreprise publique du pays. Les chemins de fer fournissent de nombreux services publics. Leurs redevances sont basées sur le principe de «taxer ce que le trafic peut supporter», ce qui aide les pauvres. En fait, c'est une nécessité nationale.
- ❖ Les chemins de fer fournissent des installations administratives au gouvernement. Les forces de défense et les fonctionnaires tirent leur mobilité principalement des chemins de fer.
- ❖ Les chemins de fer offrent de plus grandes possibilités d'emploi aux ouvriers qualifiés et non qualifiés. Plus de 16 personnes dépendent du chemin de fer pour leur subsistance.

I.4.2 Les inconvénients :

- ❖ Le chemin de fer nécessite un investissement important en capital. Les coûts de construction, d'entretien et les frais généraux sont très élevés par rapport aux autres modes de transport. De plus, les investissements sont spécifiques et immobiles. Si le trafic ne suffit pas, les investissements peuvent entraîner un gaspillage de ressources considérables.
- ❖ Un autre inconvénient du transport ferroviaire est son manque de souplesse. Ses itinéraires et ses horaires ne peuvent pas être ajustés aux besoins individuels.
- ❖ Le transport ferroviaire ne peut pas fournir de service porte à porte car il est lié à une voie particulière. Le chargement ou le déchargement intermédiaire implique des coûts plus élevés, plus d'usure et de perte de temps.
- ❖ Comme les chemins de fer nécessitent des investissements considérables, ils peuvent donner lieu à des monopoles et nuire à l'intérêt général. Même s'il est contrôlé et géré par le gouvernement, le manque de concurrence peut engendrer de l'inefficacité et des coûts élevés.
- ❖ Le transport ferroviaire n'est ni approprié ni économique pour les trajets de courte distance et les trafics de marchandises réduits.
- ❖ Cela nécessite beaucoup de temps et de travail pour réserver et prendre livraison des marchandises par chemin de fer, par rapport au transport automobile.
- ❖ En raison des énormes besoins en capitaux et du trafic, les chemins de fer ne peuvent pas être exploités économiquement dans les zones rurales. Ainsi, les grandes zones rurales n'ont pas de service ferroviaire, même aujourd'hui. Cela cause beaucoup de désagréments aux habitants des zones rurales.

- ❖ Le chemin de fer doit avoir une charge complète pour son fonctionnement idéal et économique. En raison de sa très grande capacité de charge, la sous-utilisation de sa capacité, dans la plupart des régions, constitue un grave problème financier et une perte pour l'économie.
- ❖ En tant que service public, les chemins de fer ont une position de monopole et, de ce fait, une administration centralisée. Les autorités locales ne répondent pas aux exigences personnelles de la population par rapport aux routes.

I.5 Union internationale des chemins de fer (UIC) :

L'UIC est une association internationale représentant au niveau mondial les entreprises ayant une activité dans le domaine du chemin de fer, fondé par 46 compagnies de 27 pays en 17 octobre 1922 à Paris.

I.5.1 Membre de l'UIC :

L'UIC compte 81 membres actifs, 79 membres associé et 34 membres affilié

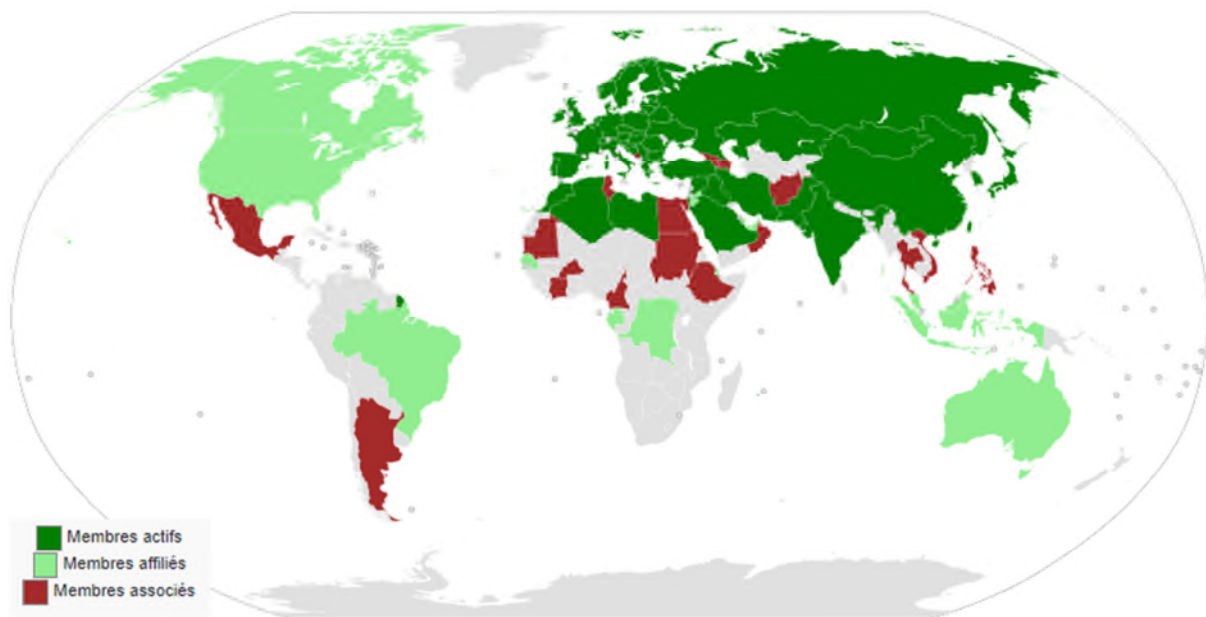


Figure I.2 : Membre de l'UIC

I.5.2 Classification des ligne UIC :

Union International des Chemins de fer (UIC) a établi une classification des lignes en fonction des charges de trafic supportées par ainsi que du type de trafic.

La classification des voies ferrées est établie sur la base d'un trafic fictif (Tf) calculé suivant un tonnage journalier voyageurs, marchandises.

Les lignes sont classées en 9 groupes définis par des seuils indiqués ci-après :

| Groupe | Trafic fictif (tonnes) |
|----------|------------------------|
| Groupe 1 | Tf > 120000 |
| Groupe 2 | 85000 < Tf ≤ 120000 |
| Groupe 3 | 50000 < Tf ≤ 85000 |
| Groupe 4 | 28000 < Tf ≤ 50000 |
| Groupe 5 | 14000 < Tf ≤ 28000 |
| Groupe 6 | 7000 < Tf ≤ 14000 |
| Groupe 7 | 3500 < Tf ≤ 7000 |
| Groupe 8 | 3500 < Tf ≤ 1500 |
| Groupe 9 | Tf ≤ 1500 |

Tableau I.1 : Classification des lignes UIC

- **Ligne de groupes (UIC 1, UIC 2, UIC 3 et UIC 4) :** ce sont des lignes à grandes vitesses supportant un trafic important ;
- **Ligne de groupes (UIC 5 et UIC 6) :** ce sont des lignes à moyenne vitesse supportant un trafic moyen ;
- **Les lignes faiblement chargées des groupes (UIC 7, UIC 8 et UIC 9) :** correspondent en général au réseau capillaire, généralement régional, dont le trafic est faible.

I.6 Transport ferroviaire en Algérie :

I.6.1 L'histoire du chemin de fer en Algérie ;

Comme d'autres pays africains, l'émergence de chemin de fer en Algérie était pendant la période coloniale française. Le 08 avril 1857, le colonial français autorise la construction de 1357 km de voies ferrées dans sa colonie d'Algérie. Le premier chantier porte sur la construction de la ligne d'Alger à Blida, qui sera ouverte le 08 septembre 1862.

Dans les quarante années qui suivent, 2035 km de lignes chemin de fer s'ajoutent en constituant le réseau ferroviaire Algérien entre 1907 et 1946, une compagnie d'investissement

ajoute 1614 km au réseau. A la fin de la deuxième guerre mondiale, le réseau ferroviaire algérien s'étend sur 5015 km.

Le 30 juin 1959, l'état français a créé la Société Nationale des Chemins de Fer Français en Algérie (SNCFA).après l'indépendance de l'Algérie, l'état algérien devise la SNCFA en trois organismes distincts, parmi laquelle on cite La Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), cette dernière exploite un réseau de 3500 km à la fin des années 1990.

Par la suite l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) est créée pour gérer un nouveau programme d'investissement public avec l'objectif de porter le réseau à 12 500 km en 2025.

I.6.2 Réseaux ferroviaires algériens :

Un réseau ferroviaire est l'ensemble de lignes de chemin de fer, de gares et d'installations techniques diverses qui permettent la circulation des trains dans un pays.

Le réseau ferroviaire de l'Algérie est de 4576 km, il connaît depuis peu une électrification au niveau des certaines tronçons, ce qui doit conduire incessamment à l'installation de trains à grande vitesse qui devraient relier les villes les plus importantes du pays.

Le réseau ferroviaire est géré par la **SNTF** et **ANESRIF**. Ce réseau est doté de plus de **200** gares couvrant surtout le nord du pays dont :

- ❖ 324km de voies électrifiées.
- ❖ 553 km à double voie
- ❖ 3217 km à voie unique
- ❖ 3750km en exploitation

La carte fournie ci-dessous illustre l'ensemble du réseau de 1871 à 2016.

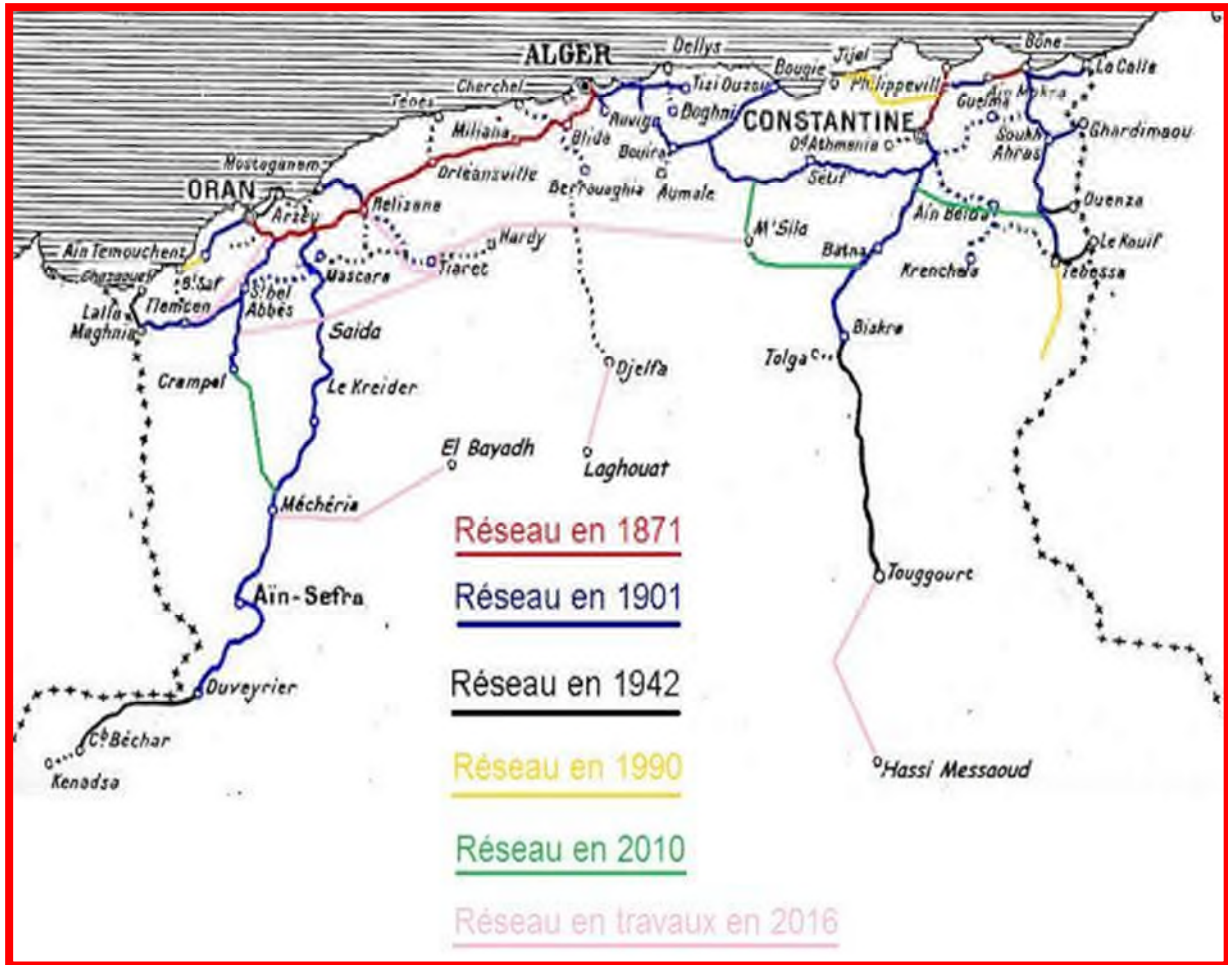


Figure I.3 : Réseau ferroviaire de 1871 à 2016

I.7. Programme ferroviaire national :

Dès la période coloniale, le transport ferré a passé par plusieurs stations consécutives, pour la construction des nouvelles lignes sur le territoire national. Actuellement, le transport ferroviaire algérien connaît une véritable reprise grâce au budget important qui lui a été attribué pour le moderniser.

Le programme ferroviaire Algérien comporte quatre ensembles :

I.7.1 Les rocade :

- ❖ **Rocade nord** : relie les frontières est-ouest sur 1250 KM avec 572 km linéaire des dessertes, cette ligne passe par 22 villes, 216 gares et haltes et raccordé 09 ports.

Rocade ferroviaire nord et ses dessertes



Figure I.4 : Rocade nord

- ❖ **Rocade des hauts plateaux** : cette rocade est parallèle à celle du nord de Moulay Slissen dans l'ouest vers Tébessa dans l'est sur 1160 km, 532 km en exploitation et 628 km est en cours de réalisation .cette ligne désenclave les villes des hauts plateaux et exploite l'économique de cette région.

Rocade ferroviaire des hauts plateaux



Figure I.5 : Rocade des hauts plateaux

- ❖ **Pénétrante centre** : cette ligne relie Laghouat à la capitale par Blida, Kaser El Boukhari et Djelfa avec environ 440 km de longueur.



Figure I.8 : Pénétrante centre

I.7.3 Ligne minière :

- ❖ Cette ligne va d'Annaba (port commercial, métallurgie) vers les mines de Djebel Onk, sur un linéaire de 588 km, et sera étendue vers le sud du pays, notamment El Oued et Touggourt.



Figure I.9 : Ligne minière

I.7.4 Les boucles :

- ❖ **Boucle sud-ouest :** il s'agit d'une boucle de 1500km, elle reliera toutes les villes du sud-ouest en allant de Ghardaïa jusqu'à la ville de Béchar. Elle traversera les villes de Menéa, Timmimon, Adrar, Béni Abbès et une jonction avec Ain Salah et Tamanrasset.



Figure I.10 : Boucle sud-ouest

- ❖ **Boucle sud-est :** cette ligne ira de Laghouat à Hassi Messaoud en passant par Ghardaïa et Ouargla.



Figure I.11 : Boucle sud-est

I.8 Conclusion

Le transport ferroviaire devient de plus en plus présent de nos jours. Il est devenu indispensable au déplacement de populations et au commerce, national et international pour ceci il faut créer de nouvelles lignes ferroviaires.

Alors l'Algérie prévoit de multiplier par 3 son réseau ferré en 15 ans, pour parvenir à 10.000 km (3200 km actuellement) de voies ferrées. La plus grosse partie des 47 milliards de dollars réservée aux transports sera consacré au développement du rail.

Présentation du projet

II.1 Introduction

Le secteur ferroviaire en Algérie connaît aujourd'hui une véritable relance. Le programme du secteur ferroviaire a donné la priorité à la modernisation de la rocade Est/Ouest, l'achèvement des lignes pénétrantes vers l'intérieur du pays et au lancement des études nécessaires aux travaux de réalisation de la rocade des Hauts-Plateaux et de la Boucle du Sud. La mise en service d'un réseau moderne aura pour effet de réduire les temps de parcours des trains et de relier villes et villages d'Algérie.

Parmi les projets importants de développement du rail, la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique Saïda –Tiaret.

Description générale :



Le projet de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique Saïda -Tiaret s'intègre dans le cadre du programme d'investissement 2009/2014, prend son origine à partir du chef-lieu de la wilaya de Saïda et aboutit à Tiaret sur un linéaire de 153 km à voies uniques pour un trafic mixte à une vitesse maximale 160km/h pour les trains de voyageurs et de 100km/h pour les trains de marchandises elle comportera quatre gares, dont deux pour voyageurs à Freneda et Ain Kermès et deux de marchandises/voyageurs à Tiaret et Saïda.

Les travaux de terrassements ont nécessité le déplacement de plus de 8 856 000 tonnes de déblais et de 8 129 000 tonnes de remblais. Un total de 1691 personnes dont 132 cadres algériens et 44 expatriés participent à la réalisation de ce projet d'envergure.



Figure II.1 : Carte de situation du projet

Les wilayas concernées par le projet :

| | La wilaya de Tiaret | La wilaya de Saida |
|--|---|--|
| Situation géographique (climat-relief) |  <p>Localisation de la wilaya de Tiaret</p> |  <p>Localisation de la wilaya de Saida</p> |
| | <p>La wilaya de Tiaret est située à l'ouest du pays à 1 143m altitude. Elle est délimitée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane • Au sud, par les wilayas de Laghouat et de El Bayadh • À l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda • À l'est, par la wilaya de Djelfa <p>le climat est continental dont l'hiver est rigoureux et l'été est chaud et sec</p> | <p>La wilaya de Saida est située dans la partie ouest du pays occupant une position centrale, à 800 m d'altitude. Elle est limitée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au nord, par la wilaya de Mascara • Au sud, par la wilaya d'El Bayadh • À l'ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès • À l'est, par la wilaya de Tiaret <p>Le climat est semi-aride, chaud et sec en été et froid en hiver avec gelées fréquentes.</p> |
| Situation démographique et superficie | La wilaya compte une population de 846823 habitants. (Estimation 2008) avec une superficie totale de 20673 km ² . | La wilaya compte une population de 330641 habitants. (Estimation 2008) avec une superficie totale de 6 764 km ² . |
| Organisation administrative | –Nombre de Daïras : 14 –Nombre de communes : 42 | –Nombre de Daïras : 6 –Nombre de communes : 16 |
| Potentialité économique | La production végétale est dominée par la production céréalière. - la wilaya dispose d'un cheptel estimé à 1.190.000 têtes ovines | La wilaya possède 2 zones industrielles. - La production agricole de la wilaya est essentiellement céréalière. - La production animale englobe les |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>et 37.652 têtes ovines et enfin de 115.957 têtes caprines.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secteur de l'industrie compte un ensemble d'unités de production : - Industrie mécanique (SNVI-TMC motors) - Unité de batteries automobiles - 1 zone industrielle et 9 zones d'activités | <p>viandes rouges, blanches, les oeufs, le miel et le lait.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'industrie quant à elle, produit dans le secteur du papier, le ciment, les chaux, Les briques, l'eau minérale, la semoule, la farine et le gaz butane et propane. |
| <p>Infrastructure économiques, administratives et sociales</p> | <p>La wilaya dispose d'une infrastructure de base importante dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une zone industrielle et de neuf zones d'activités. - Carrefour des hauts plateaux, la wilaya de Tiaret est traversée par trois importantes voies de communication (RN 23, RN 14 et RN 40) qui assurent les liaisons Nord-Sud et Est-Ouest et dispose d'un aéroport de dimension internationale. - Le secteur de l'enseignement supérieur est doté d'un pôle universitaire de 20.000 places. - Le secteur de la santé compte 6 hôpitaux et 1 EHS en psychiatrie, avec un nombre total de lits estimé à 1534 lits. | <p>La wilaya dispose d'importantes infrastructures de base dont notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un réseau routier de 372 Km de routes nationales, 646 km de chemins de wilaya et 201 Km de chemins communaux. - Le secteur de l'éducation nationale est doté d'un ensemble d'établissements scolaires pour le cycle fondamental 185 écoles, 40 Lycées. - Le secteur de l'enseignement supérieur est doté de 7 instituts avec un effectif de 4388 étudiants. - Le secteur de la santé, quant à lui compte 1 hôpital, 6 polycliniques, 7 centres de santé et 53 salles de soins. |

Tableau II.1: Donnée général des wilayas concernées

II .2 Objectif du projet :

Notre projet consiste à l'étude avant-Projet détaillé(**APD**) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire **Saida-Tiaret** (tronçon de 10 km), pour objectif de définir le meilleur tracé pour la réalisation de cette voie, et de recherche d'un tracé économique et optimisé qui réponde aux objectifs économiques et aux besoins sociaux du pays et de la région des **Hautes-Plateaux**, de plus elle doit répondre aux critères et aux normes internationales des chemins de fer .les taches de notre étude sont les suivantes :création du tracé et normalisation de la superstructure.

II .3 Les acteurs du projet :

Les différents intervenants qui participent à l'élaboration et à réalisation de ce projet sont :

- **Maitre de l'ouvrage :**

Ministère de transport et de travaux publics

Ministère des Travaux
Publics et des Transports



- **Maitre de l'ouvrage délégué :**

Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements ferroviaires (ANESRIF)



- **Maitrise d'œuvre :**

Groupement de bureaux : POYRY
– SETIRAIL – GETINSA



- **Entrepreneur :**

Groupement d'entreprises : ASTALDI-spa Italie – COSIDER-TP Algérie



II .4 Caractéristiques techniques :

II .4.1 Caractéristique de base :

- ligne mixte à voie unique
- Caractéristique géométrique selon les standards UIC
- Trafic mixte voyageurs et marchandises
- Traction actuellement diesel
- Ligne sans passages à niveau
- Ligne clôturées sur toute la longueur

II .4.2 Caractéristiques de voie :

- Ecartement normal de 1435mm
- Gabarit GC de l'UIC (celui des lignes à grande vitesse).
- L'entraxe des voies est de 4.20m
- L'entraxe des voies sans les gares de croisement est de 5.00m
- Charge à l'essieu : 22.5 T
- Ligne de groupe UIC 2
- Vitesse maximale :
 - Vitesse des trains de voyageurs : 160km/h
 - Vitesse des trains de marchandises : 100km/h
 - Vitesse de branchement dans les appareils de voies : 60km/h

II .4.3 Caractéristique de superstructure :

- Rails UIC 60 E1
- Traverses bi-bloc en béton armé
- Attaches élastiques de type NABLA
- **Système de signalisation** : ERTMS/ETCS niveau 1
- **Système de télécommunication** : GSM-R

II .5 Le tronçon étudié :

Le tronçon étudié dans ce projet de fin d'étude est compris entre le PK 08 et le PK 18. Il est situé entre Tiaret et Mellako vers Saida.



Figure II.2 : Localisation géographique du tronçon étudié

La ligne du tronçon dispose dans le début sur un remblai, puis elle fait une grande courbe depuis la direction ouest vers sud-ouest et longe la chaîne des hauts plateaux située entre Tiaret et Mellako.

Au sein de ce tronçon plusieurs oueds croisent le tracé et peuvent être guidés dans des buses et dalots sous la ligne.

Etude géométrique

III.1 Introduction :

L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but d'obtenir un bon roulement des trains, il est donc indispensable de chercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface et au même temps qui répond aux conditions exigées par les normes ferroviaires.

III.2 Tracé en plan :

Le tracé en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal, se composera de la succession judicieuse des éléments suivants : alignement droit, pleine courbe et courbe de transition.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité. Sans omettre que dans les chemins de fer on trouve deux vitesses caractéristiques.

VR : vitesse des trains rapides (voyageurs), VR=160km/h

VL : vitesse des trains lents (marchandises), VL=100km/h

III.2.1 Paramètre de conception du tracé de la voie :

III.2.1.1 Paramètre relevant de la sécurité :

Le rayon de la courbe

La variation de la courbure

Le dévers et le taux de variation de dévers

III.2.1.2 Paramètres relevant du confort

L'excès de dévers

La vitesse maximale du train

La longueur des éléments de tracé

La variation de l'insuffisance de dévers

III.2.2 Elément de tracé en plan :

Un tracé en plan est constitué de trois éléments géométriques : alignement, un arc de cercle et une courbe de raccordement

❖ L'alignement ($R=\infty$) :

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation. La conception d'une voie ferrée avec des alignements longs offre un meilleur confort aux usagers ainsi que leur sécurité, donc il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan quand la topographie de la zone le permet.

L'alignement a une valeur minimale recommandée par l'UIC. Elle est de la vitesse $V/2$ dans le cas normal et $V/3$ dans le cas exceptionnelle.

❖ L'arc de cercle ($R=\text{constant}$) :

Le raccordement entre les alignements se fait avec les raccords circulaires. La valeur du rayon de raccordement est en fonction de la vitesse des trains dans la courbe. Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence V_R de ne pas dérailler.

❖ La courbe de raccordement :

La géométrie des voies ferrées doit permettre une transition progressive (sans chocs) entre des éléments de tracé présentant des accélérations transversales différentes et éviter un accroissement subit de celles-ci à l'entrée d'une courbe. C'est la raison pour laquelle le passage d'un rayon de courbe, de dimension finie ou infinie, à un autre doit être progressif. Ceci est obtenu par l'introduction d'une courbe de raccordement. Ces éléments liés aux rampes de dévers sont des contraintes importantes dans l'élaboration d'un tracé.

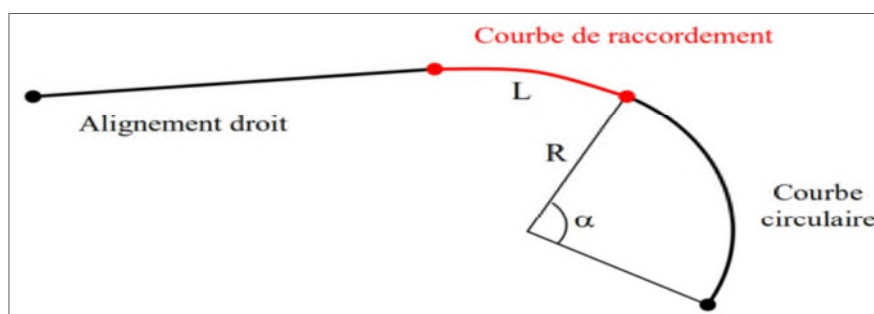


Figure III.1 : Elément de tracé en plan

III.2.3 Règles à respecter dans le tracé en plan :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement.
- Eviter les terrains très plastiques.

III.2.4 Le rayon minimal :

La valeur de rayon minimum admissible est en fonction des vitesses de circulation et le confort des voyageurs.

Pour la détermination le rayon minimal on prend en considération les paramètres suivants :

Le dévers pratique

La vitesse maximale et minimale d'exploitation

La valeur limite d'insuffisance et d'excès du dévers

Le rayon minimum est calculé par la formule suivante :

$$R_{min} = \frac{11,8 \cdot V_{max}^2}{D_{Rmin} + I_{max}} [m]$$

D_{Rmin} : dévers pour le rayon minimum.

V_{max} : vitesse maximum des trains voyageurs.

R_{min} : rayon minimum pour la vitesse maximale.

I_{max} : valeur admissible d'insuffisance de dévers.

Avec :

$$d_{Rmin} = \frac{V_R^2 \cdot E_{max} + V_m^2 \cdot I_{max}}{V_R^2 - V_m^2}$$

III.2.5 Dévers :

Le véhicule subit en courbe une instabilité sous l'effet de la force centrifuge qui a tendance à le renverser vers l'extérieur du virage cette force peut conduire au déraillement du train donc il est nécessaire de surélever la file du rail de grand rayon par rapport au niveau de l'autre, d'une valeur appropriée, cette valeur est appelée dévers, il est exprimé en [mm].

III.2.5.1 Dévers maximal :

Les valeurs limite du dévers en voie autorisées par la norme UIC 703R sont données dans le tableau suivant :

| | Valeur limite normale (mm) | Valeur limite exceptionnelle (mm) |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Dévers | 160 | 180 |
| Insuffisance de dévers | 150 | 160 |
| Excès de dévers | 90 | 110 |

Tableau III.1 : Valeur maximale des dévers

III.2.5.2 Dévers théorique :

Le dévers théorique qui annule totalement l'effet de la force centrifuge lors d'un passage du train à une vitesse V sur une courbe de rayon R est donné par la formule suivante :

$$d_{th} = \frac{11.8 \times V_R^2}{R}$$

- d_{th} : dévers théorique (mm)
- R : Rayon de courbe (m)
- V_R : vitesse des trains rapide (voyageurs) (km/h)

III.2.5.3 Dévers pratique :

Le dévers pratique (d_p) de la voie est inférieur au dévers théorique pour les trains les plus rapides (voyageurs) et supérieur pour les trains les plus lents (marchandise).

Afin de conserver l'homogénéité du confort sur l'ensemble de la ligne, le dévers pratique appliqué à la voie est donné par la formule suivante :

$$d_p = \frac{K}{R}$$

Tel que :

- d_p : dévers pratique

- R : Rayon de courbe (m)
- K : coefficient de la ligne $K=1000 \times C$
- C : coefficient de dévers $C = 0.006 \times V_R^2$

III.2.5.4 Insuffisance de dévers (I) : Se produise lorsque la vitesse du train en courbe dépasse la vitesse d'équilibre associée au dévers pratique, dans ce cas échéant, la force centrifuge vers l'extérieur sera non compensée. Elle est donné par :

$$I = d_{th} - d_p$$

III.2.5.5 Excès de dévers (E) : se produise lorsque la vitesse du train en courbe est inférieure à la vitesse d'équilibre associée au dévers pratique. Il est donné par :

$$E = d_p - \frac{11.8 \times V_m^2}{R}$$

III.2.5.6 Raccordement du dévers :

L'augmentation du dévers se fait progressivement d'une valeur nulle en alignement jusqu'au dévers prévu en courbe sur une longueur dite rampe de dévers. La variation du dévers est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie.

III.2.5.7 Variation du dévers : elle est donnée par le rapport $(\Delta d / \Delta l)$ exprimée en [mm], elle provoque un gauchissement de la voie et donc une répartition hétérogène des charge.

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{180}{V_R}$$

III.2.5.8 Variation d'insuffisance de dévers :

Lors du passage d'un train d'un alignement ($d=0$, $I=0$) à la plein courbe ($d=Cte$, I_{max}) et si la vitesse du train est supérieure à la vitesse d'équilibre, le voyageur va subie peu à peu l'action de la force centrifuge non compensée dû à l'insuffisance de dévers.

Le taux de variation d'insuffisance de dévers doit être limité pour permettre une adaptation progressive et si possible inconsciente du voyageur à ces effets. Cette variation de dévers (ΔI) pendant le temps (Δt) s'exprime en (mm/s), elle s'écrit :

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I}{L_R} \cdot \frac{V_R}{3.6}$$

III.2.5.9 Application au projet :

- calcul le dévers associé au rayon minimal :

$$d_{Rmin} = \frac{V_R^2 \cdot E_{max} + V_m^2 \cdot I_{max}}{V_R^2 - V_m^2}$$

$$d_{Rmin} = 245mm$$

Remarque : vu que le dévers associé au rayon minimal est supérieur au dévers exceptionnel, on prend les valeurs qui correspondent au dévers exceptionnel.

$$d_{Rmin} = d_{max} = 180mm, I_{max} = 160mm \text{ et } E_{max} = 110mm$$

- calcul du rayon minimal :

$$R_{min} = \frac{11,8 \cdot V_R^2}{D_{Rmin} + I_{max}} \rightarrow R_{min} = 889m$$

Pour une circulation à 160km/h, le rayon minimum calculé par la formule donnée ci-dessus est de $R_{min} = 915m$ correspondant à un dévers de 180mm et une insuffisance de dévers max de 160mm.

Le calcul des paramètres géométrie est fait pour un rayon de $R=1000m$

- Le dévers théorique :

$$d_{th} = \frac{11,8 \times V_R^2}{R} \rightarrow d_{th} = \frac{11,8 \times 160^2}{1000} = 302,08$$

- Le coefficient de dévers :

$$C = 0,006 \times V_R^2 \rightarrow C = 0,006 \times 160^2 = 153,60$$

On prend $C=180$ ($C \leq 0,7C_v$ avec $C_v = 0,0118V_R^2$)

- Le dévers pratique :

$$d_p = \frac{1000 \times c}{R} \rightarrow d_p = \frac{1000 \times 180}{1000} = 180mm = 180mm$$

$$d_p = d_{max} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

- Insuffisance de dévers :

$$I = d_{th} - d_p \rightarrow I = 302 - 180 = 122mm$$

$$I < I_{max} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

- L'excès de dévers :

$$E = d_p - \frac{11.8 \times V_m^2}{R} \rightarrow E = 180 - \frac{11.8 \times 100^2}{1000} = 62 \text{ mm}$$

$$E < E_{max} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

- Variation de dévers :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{180}{V_R} \rightarrow \frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{180}{160} = 1.125 \text{ mm/m}$$

- Variation d'insuffisance de dévers:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I}{L_R} \cdot \frac{V_R}{3.6} \text{ Avec } (L_R = \frac{d_p}{\frac{\Delta d}{\Delta l}} = 160 \text{ m})$$

$$\rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{107}{160} \cdot \frac{160}{3.6} = 33.89 \text{ mm/s}$$

- Paramètre de clothoïde :

$$A = \sqrt{L_R \times R} = \sqrt{160 \times 1000} = 400$$

Voici un tableau récapitulatif présentant le calcul des valeurs des caractéristiques des courbes utilisées.

| R (m) | V_R (km/h) | d_{max} (mm) | d_{th} (mm) | d_p (mm) | I (mm) | E (mm) | $\frac{\Delta d}{\Delta l}$ | L_R (m) | $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ (mm/s) | A |
|----------|-----------------|-------------------|------------------|---------------|-----------|-----------|-----------------------------|--------------|---------------------------------------|-------|
| 1000 | 160 | 180 | 302 | 180 | 122 | 62 | 1.125 | 160 | 33.89 | 400 |
| 1200 | 160 | 180 | 252 | 150 | 102 | 52 | 1.125 | 134 | 33.83 | 401 |
| 1400 | 160 | 180 | 215 | 129 | 86 | 45 | 1.125 | 115 | 33.23 | 401,2 |
| 1500 | 160 | 180 | 201 | 120 | 81 | 42 | 1.125 | 107 | 33.64 | 400.6 |
| 2000 | 160 | 180 | 151 | 90 | 61 | 31 | 1.125 | 80 | 33.89 | 400 |

Tableau III.2 : les valeurs des caractéristiques de tracé en plan

III.3 Profil en long :

Le profil en long est la projection horizontale de la cote de la tête de basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé, il est constitué une succession des pentes et rampes raccordées par des courbes circulaires, qui présentent la ligne rouge ou ligne du projet.

L'évaluation d'un projet ferroviaire sur un plan économique et technique, se fait par la construction d'un profil en long, dont pour chaque point de cette ligne continue, on doit déterminer l'altitude de terrain naturel et celle du projet ainsi la déclivité du projet, la distance partielle et cumulé.

III.3.1 Les éléments du profil en long :

- ❖ **Pente** : tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente).
- ❖ **Rampe** : tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).
- ❖ **Palier** : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.
- ❖ **Courbe de raccordement vertical** : ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison en les éléments de la ligne rouge.

III.3.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Pour faire un bon tracé de projet on doit tenir en compte plusieurs conditions :

- ❖ La déclivité maximale est de 16‰ en plein voie, 1‰ au niveau de gare.
- ❖ Respecter les valeurs des rayons préconisés par les règlements.
- ❖ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ❖ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isole la voie ferrée du paysage.
- ❖ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ❖ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ❖ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.
- ❖ Respecter les pentes nulles dans les gares.

III.3 .3 Coordination du tracé en plan et profil en long :

Afin d'assurer des bonnes conditions de sécurité, il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long dans ce but on doit :

- Eviter de coïncider les rayons du profil en long et les rayons du tracé en plan.
- Eviter de mettre une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan

III.3 .4 Elément caractéristique du profil en long :

III.3 .4.1 Déclivité maximale :

La déclivité d'une ligne affecte les possibilités de freinage et de démarrage des circulations, la déclivité admise varie en fonction de sa longueur.

Les valeurs de pente et de rampe limites maximale selon l'instruction SNCF/RFF IN 0272.

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3000m et 15000m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15000m la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰

Le schéma ci-après précise la valeur de la déclivité en fonction de sa longueur d'application

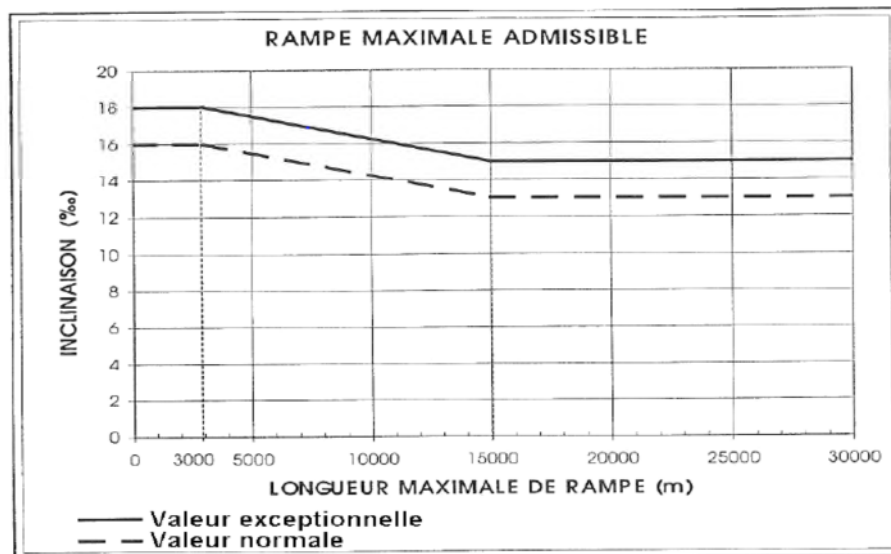


Figure III.2 : rampe maximale admissible

III.3 .4.2 Raccordements admissibles en raccordement en profil en long :

Les pentes constituant le profil en long sont reliées entre elles par des courbes circulaires.

Les valeurs des rayons minimaux admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes :

- L'accélération centrifuge qui se présente lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse «V» un raccordement de profil en long de rayon R_v , doit être limité afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.
- Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Les raccords de déclivité du profil en long doivent respecter la valeur de rayon minimum en mètre décrit dans le tableau suivant :

| | |
|--|-----------|
| Valeur normale (m) | $0.35V^2$ |
| Valeurs exceptionnelles (m) | $0.25V^2$ |
| Point particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140km/h | $0.15V^2$ |

Tableau III.3 : Valeur de rayon de raccordement en profil en long

III.3 .4.3 Longueur des éléments en long :

Afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités, une longueur minimale de déclivité constante est à prévoir donnée par la norme SNCF/RFF IN 0272

| | |
|----------------------------------|---------|
| Limite normale (m) | $V/2$ |
| Limite exceptionnelle (m) | $V/2.5$ |
| Limite minimum (m) | 30m |

Tableau III.4 : Longueur minimale des éléments du profil en long

III.3 .4.4 Application numérique :

- Rayon minimale :

$$R_{min} = 0.35 \times V^2 \rightarrow R_{min} = 0.35 \times 160^2 = 8960 \text{ m}$$

On prend $R_{min} = 9000 \text{ m}$

- Longueur minimale :

$$L_{min} = \frac{V}{2} \rightarrow L_{min} = \frac{160}{2} = 80 \text{ m}$$

Le tableau suivant présent les valeurs des caractéristique du profil en long :

| Déclivité maximale | Rayon minimal (m) | Longueur minimale (m) |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| 16‰ | 9000m | 80m |

Tableau III.5 : Valeurs des caractéristiques du profil en long

III.3 .4.5 Calcul des éléments de raccordements verticaux :

Dans ce calcul, on détermine tous mes coordonnées des points singuliers du raccordement, la tangente de sommet, la flèche de ce dernier.

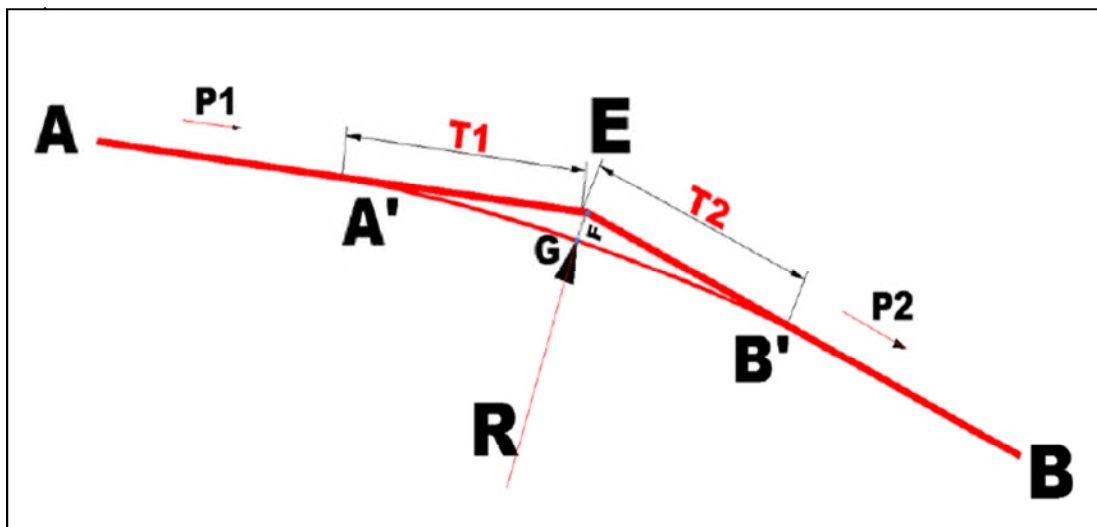


Figure III.3 : Rampe maximale admissible

A' et B': extrémités du raccordement.

P₁ et P₂: pente et rampe

T: tangente de part et d'autre du sommet.

A et B: deux points connus sur P₁ et P₂.

F: hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche).

E: sommet ou point de changement de déclivité.

R: rayon du raccordement.

G: projection du sommet sur le raccordement

• **Application numérique :**

$$A (s= 0 ; Z=948.706)$$

$$B (s=3145.880 ; Z=950.715)$$

$$E (s= 2984.433 ; Z= 919.366)$$

Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1} = \frac{919.366-948.706}{2984.433} = - 0.00983 \rightarrow P_1 = - 0.983\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2} = \frac{950.715-919.529}{3145.88} = 0.00991 \rightarrow P_2 = 0.991\%$$

Calcul de la tangente T :

$$R=9000m$$

$$T = \frac{R}{2} \cdot |P_1 + P_2| = \frac{9000}{2} \cdot |0.00991 + 0.00983| = 88.83 \rightarrow T=88.83 \text{ m}$$

Calcul la flèche :

$$F = \frac{T^2}{2R} = \frac{88.83^2}{2 \times 9000} = 0.0160 \rightarrow F= 0.438m$$

Calcul de la cote du point au milieu de raccordement parabolique :

$$Z_G = Z_E - F = 919.366 - 0.438 = 918.928 \rightarrow Z_G = 918.928m$$

Calcul des PK et des points du début et de la fin de raccordement parabolique :

$$Z_{A'} = Z_E - P_1 \times T = 919.366 + (0.00983 \times 88.83) = \mathbf{920.239}$$

$$PK_{A'} = PK_E - T = 2984.433 + 88.83 = \mathbf{3073.263}$$

$$Z_{B'} = Z_E + P_2 \times T = 919.366 - (0.00991 \times 88.83) = \mathbf{918.486}$$

$$PK_{B'} = PK_E + T = 2984.433 - 88.83 = \mathbf{2895.603}$$

Donc :

➤ **Point A'**

$$PK_{A'} = 3073.263m$$

$$Z_{A'} = 920.239m$$

➤ **Point B'**

$$PK_{B'} = 2895.603m$$

$$Z_{B'} = 918.486m$$

III.4 Conclusion :

On a présenté dans ce chapitre les différentes caractéristiques géométriques qui constituent la voie ferrée, elles ont une importance majeure dans la réalisation d'une infrastructure.

Etudes géotechniques

IV.1 Introduction:

L'étude géotechnique intervient dans toutes les activités de ce genre de projet. Elle peut aussi intervenir dans le choix du site, son objectif est basé essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires, l'estimation des tassements et enfin le dimensionnement des assises.

IV.2 Aperçu géologique :

La description litho-stratigraphique de la région d'étude est basée essentiellement sur les essais in situ représentés par les puits de reconnaissance, et les sondages carottés. La topographie de notre site est plane elle est représentée en superficie par les argiles limoneuses qui couvre la totalité de la surface de notre projet.

IV.3 Etude géotechnique :

L'étude géotechnique doit connaître les caractéristiques globales des sols de la plateforme avec classification des sols de diverses manières. Afin de prévoir comportement géotechnique des différentes formations que va traverser le projet du chemin de fer.

IV.4 La reconnaissance par sondages :

IV.4.1 Les sondages carottés:

Les sondages carottés réalisés nous ont permis de déterminer la nature des formations en place et de récupérer des échantillons intacts qui ont été transmis au laboratoire pour subir les différents essais physiques et mécaniques

IV.4.2 Puits de reconnaissance:

Une campagne de 11 puits de reconnaissance pour l'étude de la géotechnique du couloir a été réalisée. Pendant leur exécution, une description visuelle des matériaux affectés, une annotation de la présence d'eau et une prise d'échantillons pour leur analyse en laboratoire ont été effectués.

Nous présentons ci-après un tableau résumant la position des puits:

| Puits | PK | Profondeur En (m) | Description lithologique |
|-------|--------|-------------------|-------------------------------|
| Pt1 | 08+00 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| Pt2 | 09+127 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| PT3 | 10+554 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| PT4 | 11+111 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| PT5 | 12+762 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| PT6 | 13+541 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| PT7 | 14+017 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux beige brunâtre |
| PT8 | 15+405 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux beige brunâtre |
| PT9 | 16+704 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux rouge brunâtre |
| PT10 | 17+116 | 0.00-0.50 | Terre végétale |
| | | 0.50-1.80 | Limon argileux brunâtre |
| PT11 | 18+00 | 0.00-0.50 | Terre végétale |

Tableau IV.1 Description lithologique du sol

IV. 4.3 Interprétation des résultats:

Les puits de reconnaissances proche de notre site, montre que la géologie du tracé est limon argileux.

IV.5 Essai de laboratoire:

IV.5.1 Les essais d'identification physique:

IV.5 .1.1 Le poids volumique du sol sec « W_s » :

Poids du sol sec $\longrightarrow \gamma_d = \frac{W_s}{V}$

IV.5.1.2 Degré de saturation S_r :

Le degré de saturation noté S_r , indique dans quelle proportion les vides sont remplis par l'eau. Il est défini comme le rapport du volume de l'eau au volume des vides.

Il s'exprime en pourcentage $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$

Le degré de saturation peut varier de 0% (sol sec) à 100% (sol saturé).

IV.5.1.3 Teneur en eau : (normes N F P 94-050) :

C'est la quantité d'eau d'un sol

$$W = \frac{W_w}{W_q} \times 100$$

IV.5.1.4 Indice des vides: Permet de savoir l'importance des vides (sol lâche ou

dense) : $e = \frac{V_v}{V_s}$ (e peut être > 1).

| PK | Profondeur | d | S_r | W | e |
|------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|-------------|--------------|
| (Km) | (m) | (g/cm³) | (%) | (%) | / |
| PK 08+00 | 1.10-1.90 | 1.88 | 67.8 | 11.4 | 0.460 |
| | 4.50-5.30 | 1.82 | 80.5 | 14.7 | 0.498 |
| PK 10+554 | 1.50-2.30 | 1.75 | 74.0 | 15.5 | 0.578 |
| | 3.70-4.50 | 1.80 | 78.6 | 15.3 | 0.537 |
| PK 12+762 | 1.10-1.90 | 1.66 | 73.0 | 17.4 | 0.656 |
| | 4.50-5.30 | 1.66 | 87.3 | 20.3 | 0.630 |
| PK 14+017 | 1.50-2.30 | 1.64 | 69.8 | 17.4 | 0.688 |
| | 3.00-3.20 | / | / | / | / |
| PK 16+704 | 1.50-2.30 | 1.60 | 72.6 | 19.1 | 0.724 |
| | 4.00-4.20 | / | / | / | / |
| PK 18+00 | 1.00-1.80 | 1.85 | 84.2 | 14.9 | 0.485 |
| | 4.00-4.80 | 1.72 | 79.7 | 17.3 | 0.597 |

Tableau IV.2 d , S_r W et e de notre projet

IV.5.1.5 Analyse granulométrique : NFP 94-056 et 057

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

Les résultats de notre sol sont représentée sur le tableau suivant :

| PK | Profondeur En | GRANULOMETRIQUE PASSANTS (mm) | | | | | | |
|-----------|------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | 200mm | 20.0mm | 2.0 mm | 0.2 mm | 0.08mm | 0.02mm | 0.002mm |
| (KM) | (m) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| PK 08+00 | 1.10-1.90 | 100 | 100 | 89.5 | 84.6 | 77.6 | 46.6 | 11.0 |
| | 4.50-5.30 | 100 | 100 | 91.9 | 78.2 | 73.5 | 56.7 | 15.3 |
| PK 10+554 | 1.50-2.30 | 100 | 94.3 | 91.7 | 86.7 | 84.7 | 66.6 | 24.2 |
| | 3.70-4.50 | 100 | 100 | 96.0 | 89.3 | 87.3 | 59.5 | 17.8 |
| PK 12+762 | 1.10-1.90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99.1 | 60.7 | 15.2 |
| | 4.50-5.30 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98.7 | 65.2 | 22.2 |
| PK 14+017 | 1.50-2.30 | 100 | 100 | 99.5 | 99.1 | 96.6 | 74.5 | 24.4 |
| | 3.00-3.20 | 100 | 100 | 100 | 99.1 | 71.0 | 15.8 | 8.30 |
| PK 16+704 | 1.50-2.30 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99.1 | 63.3 | 18.0 |
| | 4.00-4.20 | 100 | 100 | 99.2 | 67.0 | 34.1 | 6.80 | 2.80 |
| PK 18+00 | 1.00-1.80 | 100 | 100 | 96.10 | 86.50 | 84.80 | 69.4 | 25.6 |
| | 4.00-4.80 | 100 | 100 | 64.9 | 88.4 | 86.00 | 66.2 | 30.4 |

Tableau IV. 3 : Etude granulométrique

Interprétation des résultats:

D'après les résultats de tableau est le classement de GTR on conclut:

| Paramètres de nature premier niveau de classification | Classe |
|--|--------------|
| D _{MAX} ≤ 50mm et tamisat à 80µm > 35 % | A (sol fins) |

Tableau IV.4 : Classement de GTR

IV.5.1.6 Limites d'Atterberg : NFP 94-051 :

Limite de plasticité (Wp) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide. Les sols qui présentent des limites d'ATTERBERG voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = WL - WP$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau

Nous représentons ci-après tableau des limites d'Atterberg :

| PK | Profondeur en | <i>Limites d'Atterberg</i> | | | |
|-----------|---------------|----------------------------|----------------|------------------|------|
| | | WL norme NF | Wp (norme N | Ip norme N FP | Ic |
| (km) | (m) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| PK 08+00 | 1.10-1.90 | 33.8 | 17.2 | 16.6 | 1.35 |
| | 4.50-5.30 | 32.4 | 17.7 | 14.7 | 1.2 |
| PK 10+554 | 1.50-2.30 | 48.6 | 20.8 | 24.2 | 1.19 |
| | 3.70-4.50 | 46.1 | 21.9 | 27.8 | 1.27 |
| PK 12+762 | 1.10-1.90 | 38.2 | 19.0 | 19.2 | 1.08 |
| | 4.50-5.30 | 28.9 | 17.5 | 11.4 | 0.75 |
| PK 14+017 | 1.50-2.30 | 44.1 | 18.5 | 24.6 | 1.04 |
| | 3.00-3.20 | 25.7 | 14.4 | 11.3 | / |
| PK 16+704 | 1.50-2.30 | 39.6 | 18.2 | 21.4 | 0.96 |
| | 4.00-4.20 | / | / | / | / |
| PK 18+00 | 1.00-1.80 | 36.3 | 19.3 | 17.0 | 1.26 |
| | 4.00-4.80 | 36.7 | 16.9 | 19.8 | 0.98 |

Tableau IV.5 : Les résultats pour les limites d'Atterberg

Interprétation des résultats:

D'après les résultats de tableau est le classement de GTR on conclut :

| Paramètres de nature deuxième niveau de classif Ip | Sous classe fonction de la nature | Paramètres et valeurs de seuils retenus Ic | Sous-classe |
|--|-----------------------------------|--|-------------|
| 14.7 | A2 | 1.2 | A2m |
| 27.8 | A3 | 1.27 | A3s |
| /11.4 | A1 | 0.75 | / |
| 11.3 | A1 | / | / |
| / | / | / | / |
| 19.8 | A2 | 0.98 | A2h |

Tableau IV.6 : Les sous classements de GTR

IV.5.1.7 Essai de bleu méthylène : NFP 94-068 :

On peut caractériser la sensibilité à l'eau d'un sol en fonction de la proportion d'argile contenue dans ce sol (valeur de bleu du sol VBS), Ainsi lorsque $VBS < 0.1$ le sol est réputé insensible à l'eau, si $VBS > 0.2$ le sol est sensible à l'eau.

Nous représentons ci-après tableau de l'essai de bleu méthylène:

| Pk | 08+300 | 114+665 | 17+750 |
|---------|--------|---------|--------|
| VBS (%) | 3.06 | 1.38 | 1.67 |

Tableau IV.7 : L'essai de bleu méthylène

Interprétation des résultats:

Vu les résultats de valeur du bleu méthylène on peut dire qu'on a un sol sensible à l'eau.

IV.6 Les essais mécaniques:

IV.6.1 Essai de cisaillement à la boîte de Casagrande :

Les essais de résistance au cisaillement permettent de déterminer la résistance au cisaillement des sols caractérisé par la cohésion « C » et l'angle de frottement « ϕ »

| Pk | Profondeur | cisaillement | | |
|-----------|------------|--------------|--------|---------|
| | | En (km) | En (m) | C (Kpa) |
| PK 08+00 | 3.00-3.80 | 28.8 | 24.0 | / |
| PK 10+554 | 3.70-4.50 | 27.6 | 19.3 | / |
| PK 12+762 | 4.50-5.30 | 24.5 | 21.6 | / |
| PK 14+017 | 6.00-6.80 | 16.2 | 21.5 | / |
| PK 16+704 | / | / | / | / |
| PK 18+00 | 4.00-4.80 | 30.6 | 23.9 | / |

Tableau IV.8 : Essai de cisaillement

IV.6.2 Indice Portant Immédiat (IPI) : NFP 94-078 :

Cet essai donne une évaluation sur la portance du sol, c'est-à-dire de l'aptitude des matériaux à supporter les charges.

| Pk | 08+300 | 14+665 | 17+750 |
|---------|--------|--------|--------|
| IPI (%) | 8.98 | 5.19 | 7.66 |

Tableau IV.9 : Essai IPI

IV.6.3 Essai Proctor : NF P 94 -093 :

L'essai Proctor est un essai routier, son but est de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

Nous présentons ci-après tableau des valeurs de l'essai du Proctor modifié sur les puits:

| Pk | 08+300 | 14+665 | 17+750 |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| d max (t/m ³) | 1.68 | 1.82 | 1.59 |
| opt (%) | 17.60 | 13.80 | 17.10 |

Tableau IV.10 : Essai Proctor

IV.7 Conditions d'utilisation des sols en Remblais:

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- pierre de dimension $> 80\text{mm}$
- matériaux plastique $IP > 20\%$ ou organique
- matériaux gélifs
- on évite les sols à forte teneur en argile.
- Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.
- Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

Note: Généralement le sol déblais est non réutilisable sur les remblais

IV.8 Classification de sol (selon les fiches UIC et la norme NFP 11-300 et GTR):

La classification élaborée par l'Union international des chemins de fer (UIC) a été adopté pour la classification du sol support le long du tracé. Cette classification se base sur les caractéristiques géotechniques ainsi que sur les conditions hydrauliques et hydrogéologiques.

Pour arriver à cette classification il faut passer en premier lieu par une classification des sols selon la norme (NFP 11-300).

Ainsi selon les résultats des essais géotechniques obtenues et la norme (NFP 11-300), les sols de la plateforme du projet, sont en grande partie de la classe C avec sous classe C1B5 (Sols Alluvionnaires argilo-graveleux à encroûtements calcaires).

Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol de la plate-forme, correspond globalement au **QS1**

Les tableaux ci-après donnent la classification du sol NF P 11 -300, GTR + UIC, pour tous les puits de reconnaissance réalisés.

| PK | Granulométrie | | Limite Ip | Classification GTR et NF P11-300 | Classe de qualité du sol |
|-----------|----------------|----------------|--------------|--|--------------------------------|
| | 50 mm en(%) | 80um en (%) | | | |
| PK 08+00 | 100 | 73.50 | 14.70 | A2 | QS1 |
| PK 10+554 | 100 | 87.30 | 27.80 | A3 | QS1 |
| PK 12+762 | 100 | 98.70 | 11.40 | A1 | QS1 |
| PK 14+017 | 100 | 71.00 | 11.30 | A1 | QS1 |
| PK 16+704 | 100 | 34.10 | / | / | QS1 |
| PK 18+00 | 100 | 86.00 | 19.80 | A2 | / |

Tableau IV.11 : Classification de sol sur le tracé

IV.9 Conclusion:

Après une étude géotechnique du sol sur laquelle repose notre projet nous avons pu identifier les types des sols et leurs classes de portances et aussi la couche de forme à mettre en œuvre.

Dimensionnement de la structure d'assise

V.1 Introduction :

L'infrastructure est la partie inférieure sur laquelle repose la voie, elle sert à répartir et à transmettre les charges induites par les trains au sol.

Dans ce chapitre, on va déterminer les différentes épaisseurs des couches constitues l'assise.

V.2 Couche d'assise :

La couche d'assise a pour but d'assurer le bon comportement de la voie ferrée du point de vue de la rigidité de la stabilité et du drainage. Elle comprend la couche de ballast et la sous-couche.

V.2.1 Ballast : est un élément considéré comme faisant partie de la superstructure, matériaux granulaire qui doit avoir des qualités de haute résistance, la granulométrie du ballast comprise entre 22.4 et 63 mm d'épaisseurs minimal de 25 cm.



Figure V.1 Le ballast de chemin de fer

Le Rôle de ballast :

Le ballast joue un rôle mécanique, il transmet les efforts engendrés par le passage des trains au sol en évitant toute déformation par tassement. Son rôle consiste aussi à enchâsser les traverses pour garantir leur résistance aux déformations de type longitudinal. Si le ballast évite la déformation des rails, il joue un autre rôle tout aussi important, il assure le confort des passagers ainsi que celui des riverains des voies ferrées.

La qualité du ballast :

La qualité du ballast dépend de sa granulométrie, son angularité ou sa forme, sa dureté, sa texture et sa propreté.

- **La granulométrie :** La courbe granulométrique doit être comprise entre 25 et 50 mm
- **La dureté :** Le ballast a un coefficient de dureté globale (DRG) vérifié par l'essai Deval ou l'essai Los Angeles.
- **La forme :** Le ballast est de forme polyédrique avec des arêtes vives. Les particules telles que les aiguilles et les éléments plats ne dépassent pas 92 mm. Par ailleurs, le pourcentage de la masse d'aiguilles est de 7 % et 12 % pour les éléments plats. L'homogénéité du ballast ne dépasse pas 3 %.
- **La propreté :** Les grains de ballast sont exempts de sable, de terre, de poussières, de débris et de fines qui peuvent avoir un impact sur leur rugosité et leur résistance. De fait, la masse des éléments qui passent au tamis est inférieure à 0,5 %.

Leur qualité est exprimée à partir des essais classiques :

- Essai de la résistance à l'usure (essai Deval ou micro-Deval $M_{DE} \leq 15$)
- Essai de la résistance à la fragmentation (essai de Los Angles $LA \leq 24$)
- Essai de la résistance à la compression simple ($R_c \geq 1400 \text{ kg/cm}^2$)

Contrainte :

Le ballast subit deux types d'usure :

- Tassement du ballast sous les traverses provoquant une déformation verticale de la voie. Pour éviter ce phénomène il faut réinjecter du ballast de faible granulométrie sous les traverses ou bien entretenir le ballast en place avec une bourreuse chaque 7ans.
- Contamination par des matériaux parasites tels que la terre.

V.2.2 Sous couche : est une couche d'adaptation interposée entre ballast et plateforme, mono et multicouche, composée de matériaux grenus (sables ou graves) bien gradués qui comporte parfois des tapis de natures diverses, feuilles étanche plastiques (géomembranes) ou feuilles en feutre synthétique anti-contaminant (géotextile) , Constitué de :

- **Sous ballast :** constitué de grave propre bien graduée comprise entre 0 et 31.5mm

- **Fondation** : on utilise une couche de fondation si certaines conditions du sol ne sont pas satisfaites d'une épaisseur minimale de 15cm.
- **Anti-contaminant** : protéger les sous couches supérieures de la remontés de particules fines de la plateforme, cette couche est éventuelle.

. **Le rôle de la sous-couche** : Elle a des rôles multiples

- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises ;
- Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires.
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast.
- Protection contre l'érosion et gel.
- Evacuation des eaux des pluies.

V.3 Plate-forme :

C'est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche, la plateforme est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai.

La portance de la plateforme dépend de la qualité du sol constituant (remblai ou déblai).

On peut distinguer trois classes de portance de la plateforme :

- P1 : plateforme médiocre
- P2 : plateforme moyenne
- P3 : plateforme bonne

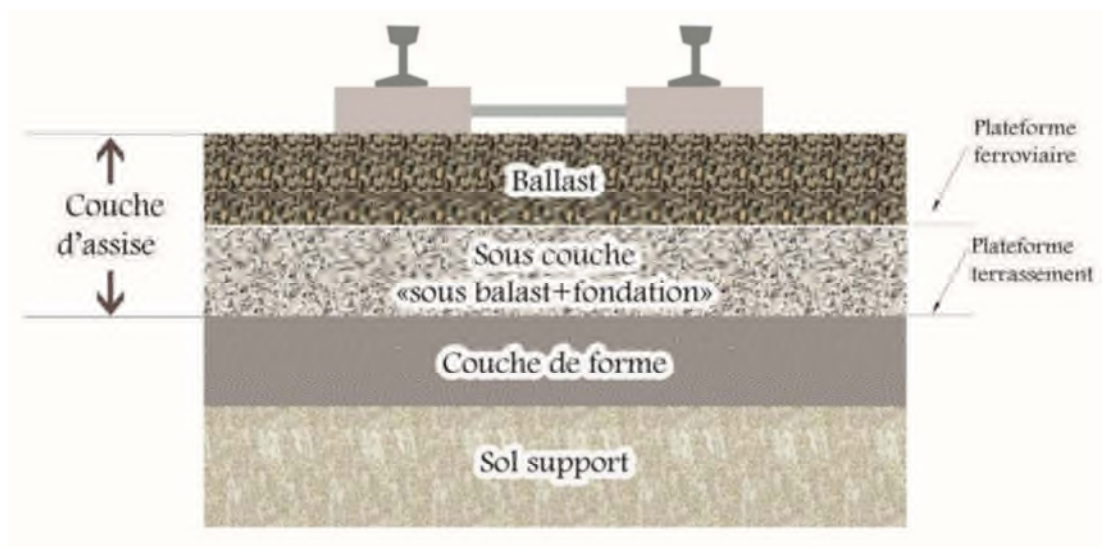


Figure V.2 : Les différentes couches de la plateforme

V.3.1 Epaisseur de couche de forme :

La portance d'une plate-forme dépend essentiellement de la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme et de la qualité du sol.

Pour notre projet la classe de la plateforme est de P2.

| Classe de qualité du sol | Classe de portance envisagée pour la plateforme | Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance | |
|--------------------------|---|---|-----------------------------|
| | | Qualité | Epaisseur minimale en mètre |
| Qs1 | P1 | Qs1 | / |
| | P2 | Qs2 | 0.50 |
| | P2 | Qs3 | 0.35 |
| | P3 | Qs3 | 0.50 |
| Qs2 | P2 | / | / |
| | P3 | Qs3 | 0.35 |
| Qs3 | P3 | Qs3 | / |

Tableau V.1 : Les épaisseurs des couches de forme selon les classes des sols et portance envisagé

Vu que les gisements les plus proches de notre site ont indiqué que la qualité du sol rapporté pour la couche de forme est de qualité Qs3.

Donc la couche de forme sera avec une épaisseur de 30 cm.

V.4 Epaisseur de couche d'assise :

La formule générale pour calculer l'épaisseur minimale «e» des couches d'assise est :

$$e = E + a + b + c + d + f + g$$

Tel que :

E : facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3)

a : facteur dépendant de l'UIC groupe (groupe 1 à 6)

b : facteur dépendant de type de traverse

c : facteur dépendant des condition de travail

d : facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules

f : facteur dépendant de la vitesse

g : facteur dépendant de l'installation de géotextiles

- **Valeur de E :**

E=0.70m pour les plates-formes de classe de portance P1

E=0.55m pour les plates-formes de classe de portance P2

E=0.45m pour les plates-formes de classe de portance P3

Pour notre cas la classe de plateforme est de P2 correspondre à E=0.55

- **Valeurs de a :**

a=0 pour les lignes des groupe UIC 1 et 2 ou ligne à $V \geq 160\text{km/h}$ quel que soit le groupe UIC.

a= -0.05m pour les lignes de groupe UIC 3 et 4.

a= -0.10m pour les lignes de groupe UIC 5,6 et 7,8,9 avec voyageurs.

a= -0.15m pour les lignes de groupe UIC 7,8,9 sans voyageurs.

Notre ligne est de groupe UIC 2 et atteindre une vitesse de 160km/h ce qui convient à une valeur de a=0.

- **Valeurs de b :**

b=0 pour les traverses en bois.

$b=(2.5-L)/2$ pour les traverses en béton de longueur L.

On a des traverses en béton avec L=2.094m qui nous donne b=0.203

- **Valeurs de c :**

c=0 pour les dimensionnement normal

A titre exceptionnel «c» peut être pris égal à -0.10m pour les ligne de groupe UIC7,8,9 sans voyageurs ou -0.05 m pour les ligne de groupe UIC 1 à 6 sans voyageurs.

Pour notre projet c=0

- **Valeurs de d :**

d=0 lorsque la charge nominale maximale d'essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale à 200KN.

d=0.05m lorsque cette charge est de 225KN.

d=0.12m lorsque cette charge est de 250KN.

La charge des trains est de 225KN/essieu donc on prend d=0.05m

- **Valeurs de f :**

f=0 pour les plates-formes de classe de portance P3 des lignes parcourues à grand vitesse.

f=0.05m pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grand vitesse.

f=0.10m pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse.

On prend f=0.05m pour une vitesse $V \leq 160$ Km/h et de portance P2

- **Valeurs de g :**

g= +1 géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 et QS2.

g=0 (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3.

On a une couche de forme QS3 correspondre à g=0

Le tableau suivant présente les valeurs des paramètres de classification de couche d'assise.

| Paramètre | Valeur (m) | Critère de choix |
|------------------|-------------------|----------------------------------|
| E | 0.55 | Classe de plate-forme |
| a | 0.00 | groupe UIC 2, $V \leq 160$ km |
| b | 0.20 | Traverses en béton |
| c | 0.00 | Dimensionnement normal |
| d | 0.05 | La charge maximale |
| f | 0.05 | Plate-forme classe P2 |
| g | / | Sans géotextile pour qualité QS3 |

Tableau V.2 : Paramètre de classification de couche d'assise

Ainsi : $e = 0.55 + 0.20 + 0.05 + 0.05 = 0.85$

$e = 0.85$ m, donc les différentes épaisseurs du profil en travers comme suite :

- Couche de ballast : 35 cm
- Couche de sous ballast : 20 cm
- Couche de fondation : 30 cm
- Couche de forme de type QS3 et de qualité de P2 : 35 cm
- Rail de type 60E1 avec hauteur de 17.2 cm

- Traverse Bi-bloc VAX U31 avec une hauteur sous rail de 22 cm
- La semelle en élastomère 0.9 cm

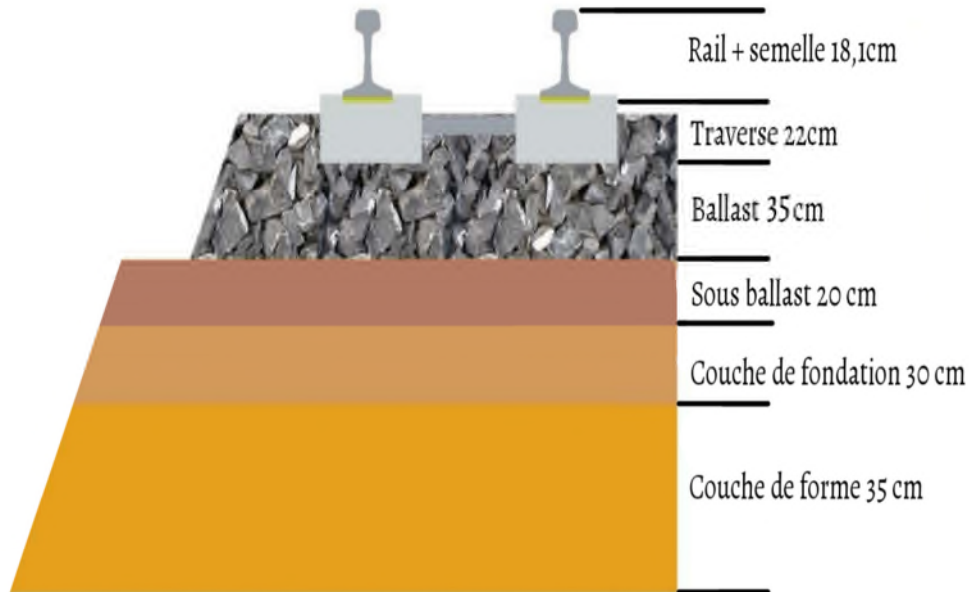


Figure V.3 Schéma des épaisseurs des différentes couches

V.5 Conclusion:

Le bon dimensionnement de différents éléments du profil en travers, tout en respectant les normes permet à la voie de supporter et transmettre la charge provoqué par le matériel roulant et garantir une longue durés de vie.

Profil en travers et cubature

VI.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe transversale, menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Le tracé comporte plusieurs profils en travers selon les zones transverses et selon les terrassements effectués pour ça on établit un profil en travers type, il nous renseigne sur les éléments de la superstructure et de l'infrastructure, sur les valeurs des pentes des talus et sur le mode d'assainissement aussi que sur les systèmes éventuels de protection de la voie.

Il existe trois types de profils en travers en remblai, en déblai et en les profils mixtes.

VI.2 Les éléments du profil en travers :

Emprise : largeur en terrain naturel appartenant au domaine public, affecté à la voie et ses accessoires.

Assiette : c'est la surface du terrain réellement occupée par la voie, elle est limitée par l'intersection du terrain naturel avec les pieds de talus en remblais ou crête de talus en déblais.

Plate-forme : surface du terrain qui comprend la voie et les accotements.

La voie : partie affectée à la circulation des trains.

La berme : c'est la partie qui contient la piste permet l'installation des poteaux de signalisation ou caténaires.

Dispositifs de drainage : fossés, ceux-ci recueillent et évacuent les eaux de ruissellement ou souterraines.

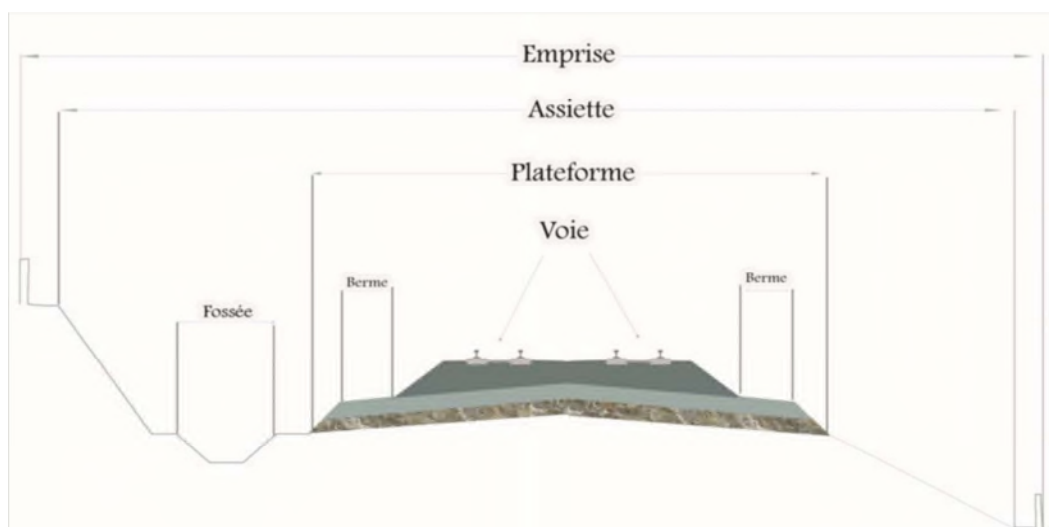


Figure VI.1 Les éléments du profil en travers

VI.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en travers:

- Le profil en travers est représenté en vue de face pour un objet qui se déplacerait sur l'axe du projet de l'origine à l'extrémité du projet.
- La voie du gauche doit donc se situer sur la partie gauche du profil.
- L'échelle de représentation est l'ordre de 1/100 à 1/200 (jusqu'à 1/50 pour les voies les moins larges).
- L'abscisse de chaque point du terrain naturel, ou du projet est repérée par rapport à l'axe du profil en travers, donc négative à gauche et positive à droite.
- L'ordonnée est toujours l'altitude du point.
- La superposition du gabarit type du projet (largeur de chaussée, accotements, fossés et pentes de talus) à partir du point d'axe dont l'altitude a été déterminée sur le profil en long.

VI.4 Gabarit ferroviaire :

Le gabarit ferroviaire désigne le contour transversal d'un véhicule ferroviaire. Ce contour fait l'objet d'une normalisation précise doit s'inscrire dans le gabarit des obstacles qui est le contour qui doit être maintenu libre dans les installations ferroviaires. Le chemin de fer étant un mode guidé les véhicules ne peuvent pas dévier de leur voie pour éviter tout obstacle imprévu, d'où l'importance des gabarits est nécessaire pour permettre l'interopérabilité des réseaux ferroviaire.

VI.5 Gabarit du projet :

- Une largeur de 8m est prévue pour la plate-forme de la voie unique.
- voie asymétrique dont une largeur de 4,70m d'un côté et 3,30m de l'autre
- une largeur de 0.7 m de côté gauche pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunication et électrification.
- une largeur de 0.30 m correspondant à la banquette d'attente s'ajoute à chaque coté
- une pente de 4% est envisagée vers l'extérieur de la plateforme
- une bande latérale est prévenue pour l'installation des poteaux caténaire
- Largeur de la plate-forme au niveau de la gare de croisement 13.6 m, un entraxe de 4,20 m.

- La voie se présente symétrique dans la gare de croisement, avec une largeur de 4,70m des deux côtés.

VI.6 Profil en travers type :

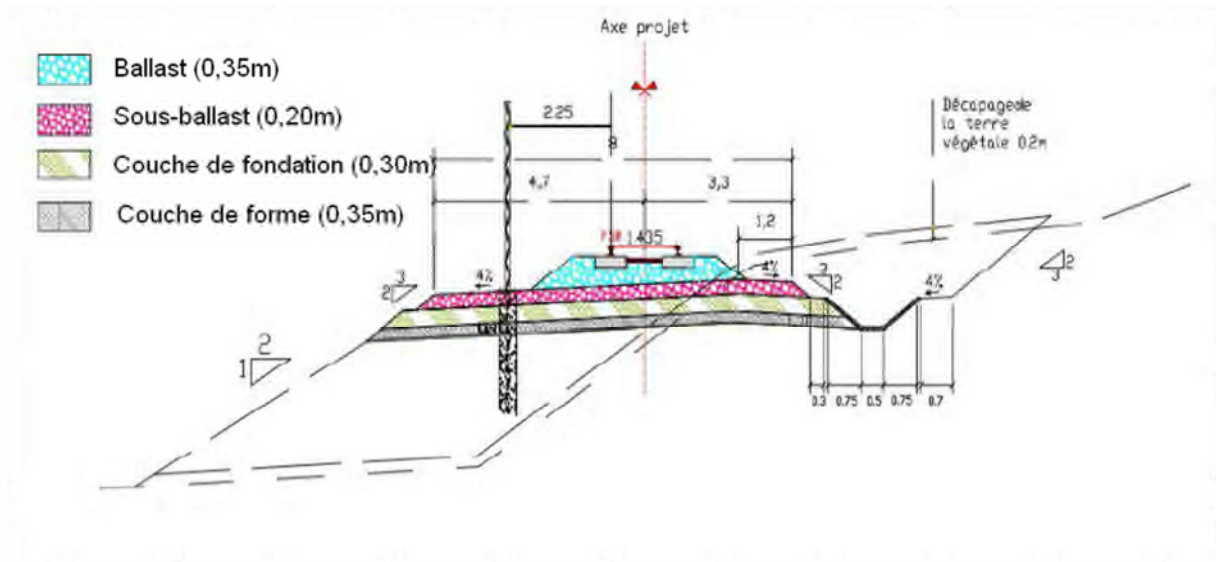


Figure VI.2 Profil en travers type mixte

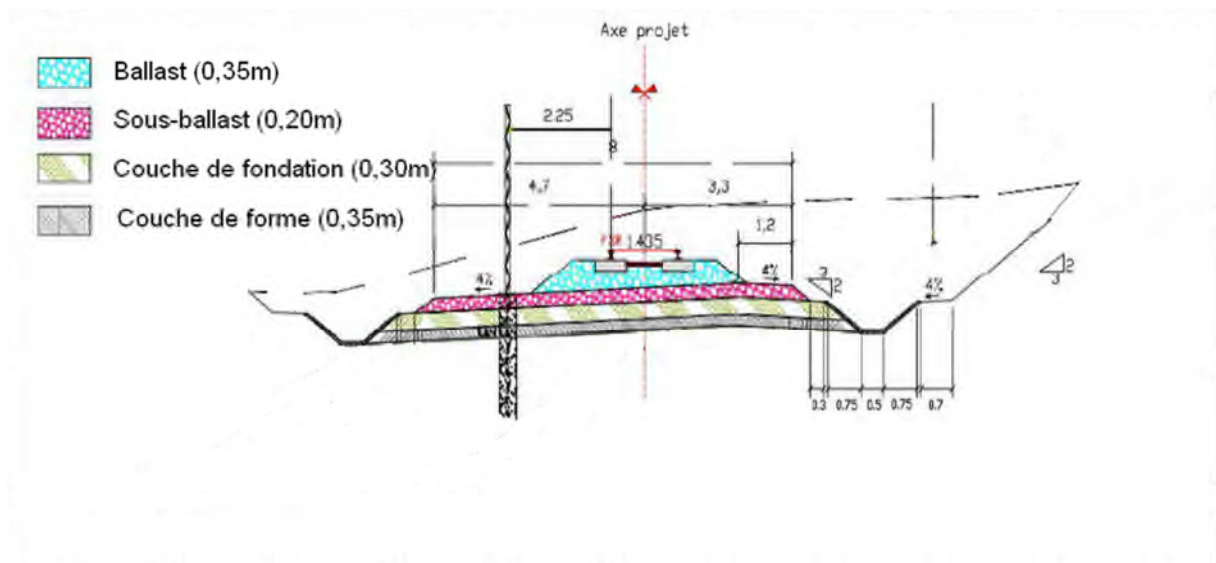


Figure VI.3 Profil en travers type cas de déblai

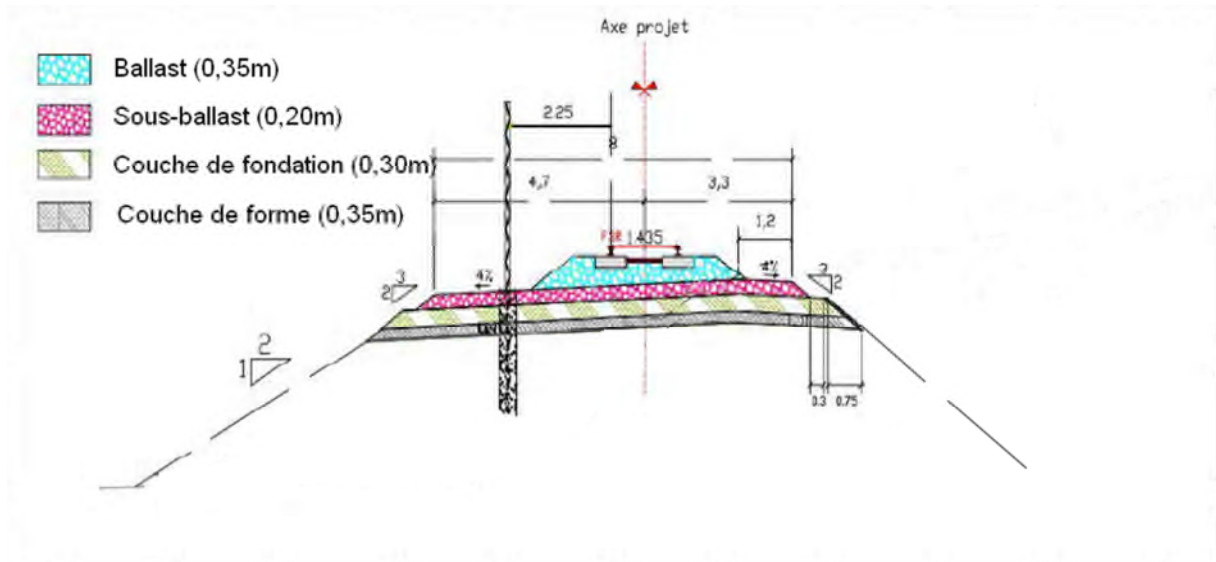


Figure VI.4 Profil en travers type cas de remblai

VI.7 Calcul des cubatures :

C'est une opération qui consiste à déterminer la quantité des terres à évacuer en cas de déblais et à apporter en cas de remblais ainsi que la structure de la voie dans un projet.

Les profils en long, les profils en travers et les distances entre les profils permettent de faire cette opération.

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai dont :

- Méthode de Sarraus
- Méthode de Gulden
- Méthode linière

Dans ce travail nous avons utilisé la méthode de Sarraus

VI.7.1 Description de la méthode :

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

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

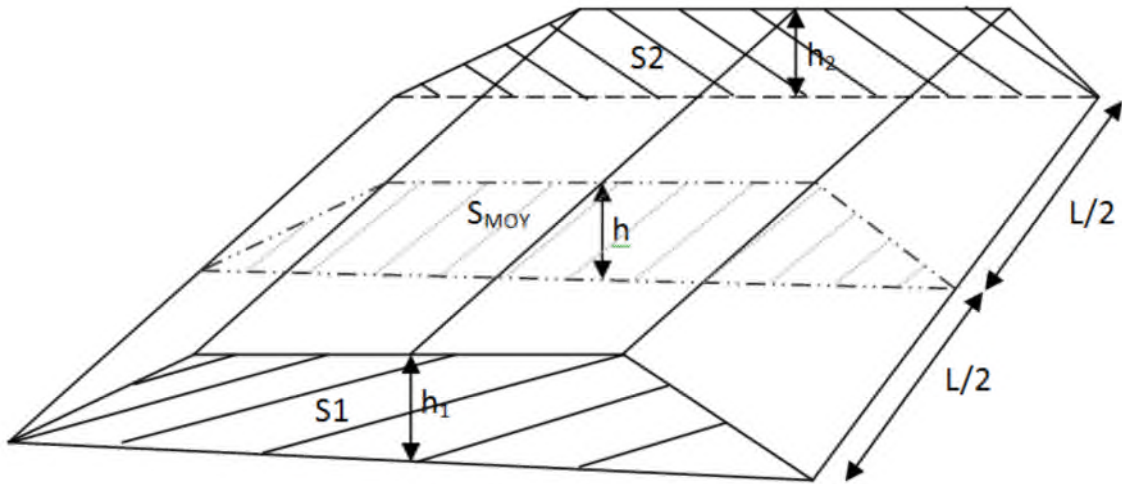


Figure VI.5 Les sections d'un profil en travers d'un tracé donné

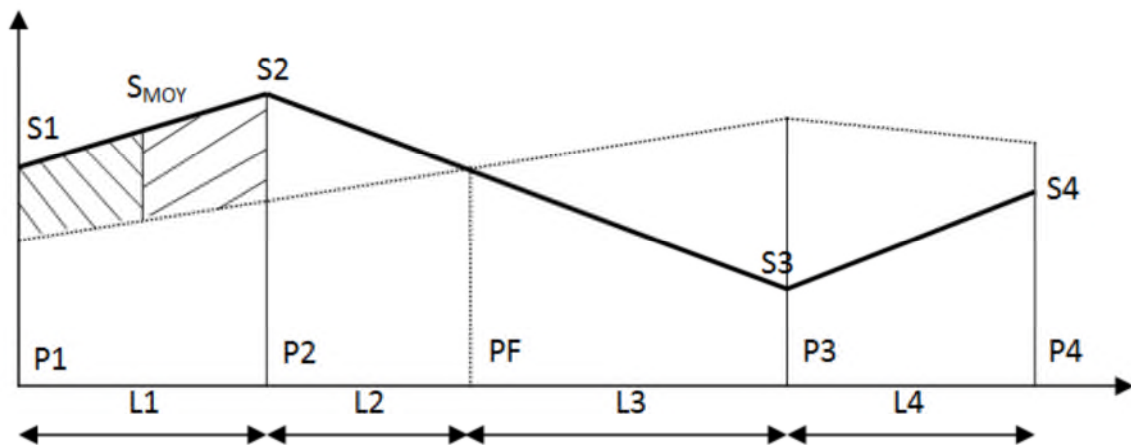


Figure VI.6 Les positions des sections dans un profil en long donné

- **PF** : profil fictive, surface nulle
- **S_i** : surface de profil en travers P_i
- **L_i** : distance entre deux profils
- **S_{moy}** : surface intermédiaire (surface parallèle à mi-distance L_i)

Pour éviter les calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{moy} et $\frac{S_1+S_2}{2}$ ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 :

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

Entre P2 et PF :

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

Entre PF et P3 :

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$$

Entre P3 et P4 :

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

Le volume total :

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

VI.7.2 Résultats de calcul des cubatures :

Le calcul des cubatures du terrassement ainsi que celui des couches d'assise a été effectué avec logiciel Covadis pour le projet étudié

| Terrassent | Remblai | Déblai |
|------------------|------------|-------------|
| Volume (m^3) | 622269.207 | 1480248.702 |

Tableau VI.1 : Volume des terrassements

| Assise ferroviaire | Ballast | Sous-ballast | Couche de forme |
|----------------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|
| Volume (m^3) | 21946.61 | 13566.70 | 21347.90 |

Tableau VI.2 : Volumes des couches d'assise ferroviaires

VI.8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons énuméré les éléments du profil en travers de l'infrastructure ferroviaire ainsi que ses différents types. Nous avons également déterminés les volumes des terrassements et de la couche d'assise de la voie ferrée.

Superstructure de la voie

VII.1 Introduction :

Le rôle de la voie est de supporter et diriger les véhicules ferroviaires ; la solidité et la rigidité doivent être ses caractéristiques. Les éléments qui la constituent doivent former un tout qui conserve sa position et pour arriver de garantir tous ceci on cherche d'abord de définir les caractéristiques de chaque élément d'une manière respects les normes et conforme à qu'est-ce que en cherche à réaliser.

VII.2. la voie :

La voie ferroviaire c'est l'ensemble des éléments qui se trouve au-dessus de la couche de ballast. Elle se compose de deux file de barres en acier appelés « rails » posées sur des supports transversaux qui l'on nomme « traverses » fixé par des « attaches » et pour permettre la ramification et la jonction des voies on utilise « les appareils de voie ».

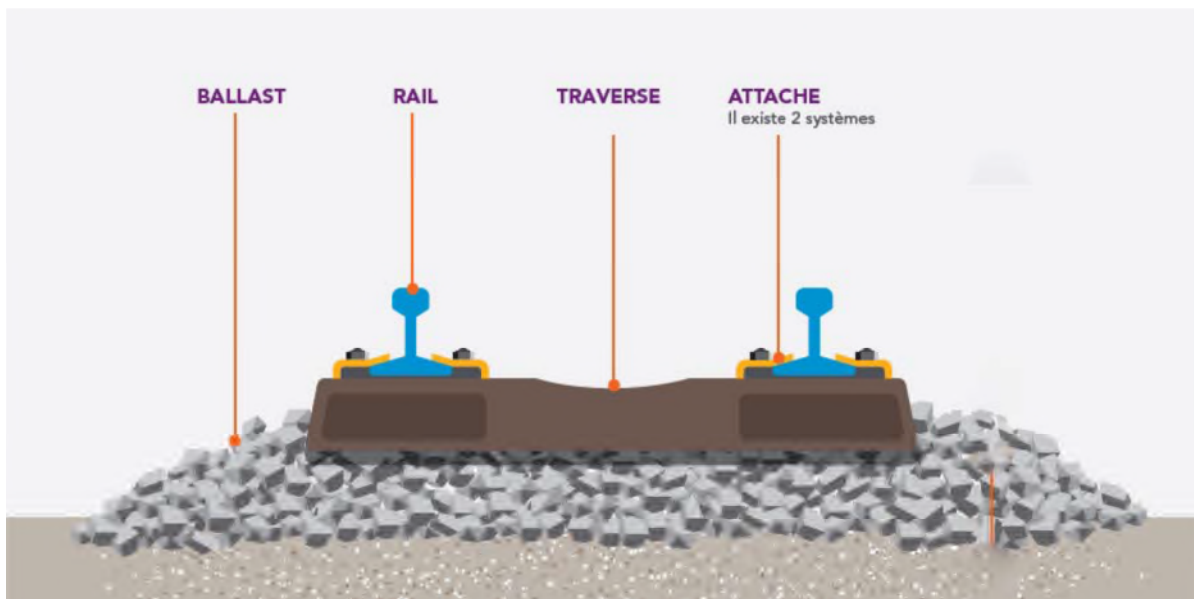


figure VII.1 : Constituants de la superstructure de la voie ferrées

VII 2.1 Le rail :

Le rail est une longue barre d'acier profilée, deux files parallèles de rails mis bout à bout forment une voie ferrée servent de guide et support de roulement pour les véhicules ferroviaires, il compose d'une partie supérieur le champignon qui assure le contacte roues-rail, le patin qui s'appuyer sur les traverses et assure la fixation à celle-ci ; l'âme qui relie le champignon au patin.

Il existe trois types de rails sont :

- **Rail à patin** « sous le nom **Vignole** »
- **Rail à gorge** « **rail à ornières** » : utilisé pour les voies encastrées dans des chaussées routières.
- **Rail à double champignon** « symétrique ou dissymétrique » : aussi connue sous le nom « rail à **double bourrelet** ».



Rail à Gorge

Rail Vignole

figure VII.2 : Rail a gorge et rail vignole



figure VII.3 : Rail à double champignon

Actuellement les rails Vignole et à gorge sont les plus utilisés à travers le monde.

VII.2.1.1 Rail Vignole :

Le rail Vignole est constitué par trois parties essentielles comme la montre la figure ci- dessous :

- **Champignon** : C'est la partie supérieure du rail, il est caractérisé par sa largeur, sa hauteur, le bombement de sa table de roulement et l'inclinaison de ces forces latérales.
- **Ame** : l'âme est caractérisée par son épaisseur, la forme des congés de raccordement avec le champignon et le patin, et l'inclinaison.
- L'épaisseur de l'âme doit tenir compte des efforts de déversement et les efforts tranchants qu'elle supporte et des sollicitations élevées qui se développent au voisinage des trous d'éclissage.
- **Patin** : Caractérisé par sa largeur et par l'épaisseur et la forme des ailes, qui sont essentiellement fixées par des considérations d'équilibrage entre la section du patin et celle de champignon et par les possibilités du laminage, sa largeur conditionne la rigidité du rail dans le plan horizontale et détermine le taux de compression sur les traverses.

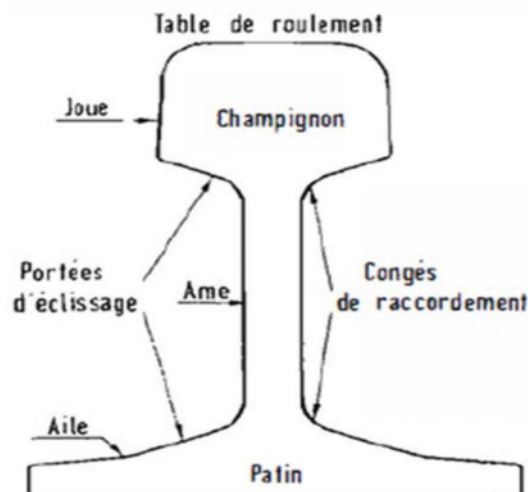


Figure VII.4 : Rail Vignole

VII.2.1.2 Assemblage des rails :

Puisque on a dit que le rail est un assemblage des barres et quand l'assemblage des rails bout à bout est le point faible de la voie, il existe un moyen sans s'affaiblir la voie ; en parle de L'éclissage.

- **Les éclisse** : afin de minimiser les inconvénients d'assemblage bout à bout et rétablir autant que possible la continuité du rail, on consolide d'abord le joint au moyen d'éclisses qui embrassent les bouts des deux rails.



Figure VII.5 : Assemblage du rail par des éclisses

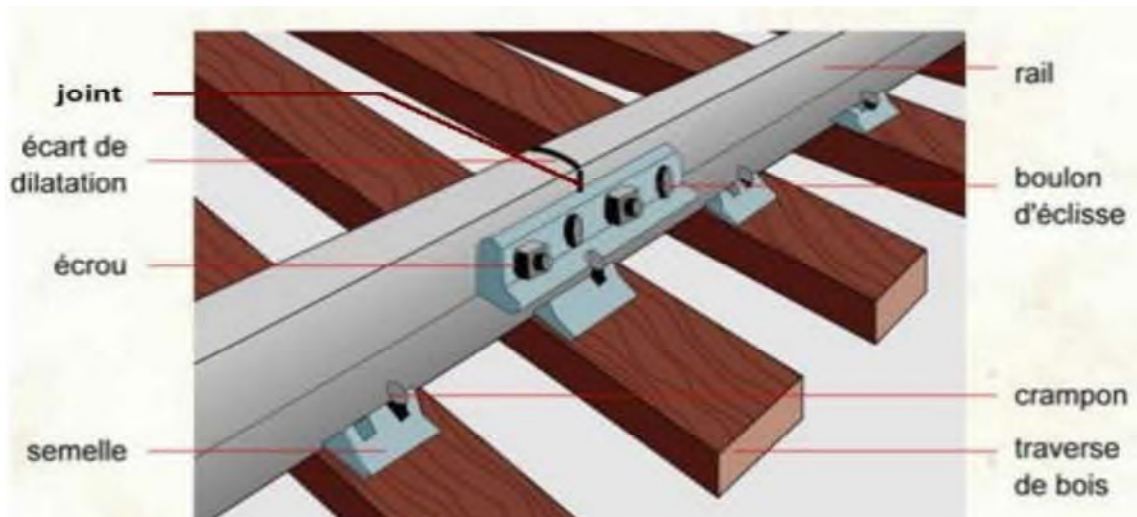


Figure VII.6 : Constituant de l'éclisse

On donne aux éclisses une forme et des dimensions telles que les éclisses prenant appui sur le patin, soutiennent convenablement le champignon et conservent ainsi autant que possible au rail sa raideur et sa résistance ; que la voie garde son alignement et sa rigidité.

Puisque la longueur élémentaire des rails a constamment crue depuis les origines du chemin de fer à nos jours qui est de 18 m ,36 m, 72 m, 75 m, 80 m, 100 m ou 120 m actuellement. La dilatation des rails a été une source de désagréments pour les exploitants ferroviaires.

Une autre méthode d'assemblage des rails a été adoptée sert à supprimer la plupart des joints des rails sur des longueurs importantes, souvent de plusieurs dizaines de kilomètres.

Long Rail Soudé : les longs rails soudés ou LRS, appelés aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées ; Les rails peuvent être soudés sur plusieurs dizaines de kilomètres sans joint de dilatation.



Figure VII.7 : Assemblage des rails par soudure des LRS

Les LRS présentent deux principaux avantages, qui sont la conséquence de la suppression des joints éclissés :

- une réduction des coûts d'entretien de la voie.
- une meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs.

Les inconvénients largement compensés par les avantages, sont par exemple :

- nécessitant un personnel bien formé leur de mise en œuvre et leur de l'entretien
- un risque accru par rapport aux barres normales de rupture

de rail lors des périodes de grand froid du fait de la tension régnant dans les barres.

Pour minimiser le risque de déformations de voie, les LRS ne sont en général pas utilisées sur les voies sinueuses ou sur les terrains de mauvaise stabilité.

VII.2.2 Les Traverses :

La traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous le rail, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails. On utilise principalement des traverses en bois, en béton ou métalliques.

- **Traverse en Bois** : ils assurent la souplesse et l'isolement d'électricité, présentant une grande cohésion, ce sont généralement en bois de chêne ou bois hêtre.



Figure VII.8 : Traverse en bois

Traverse en Métal : elles sont plus légères que les traverses en bois, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement, vu leur légèreté elles sont faciles à poser, cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement coûteux.



Figure VII.9: Traverse métallique

- **Traverse en béton** : ce type de traverse est plus utilisé dans la voie ferrée vu à leurs prix compétitifs et ses durées de vie ; il existe deux types selon leurs conception sont :
 - **Traverse mono bloc** : en béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance, caractérisées par une masse très élevée, une faible résistance à la fatigue qui se traduit dans la partie centrale.



Figure VII.10 : Traverse mono bloc

Traverse bi-bloc : en effet, pour transmettre les efforts du rail au ballast il n'est utile de disposer de matière que dans le volume compris entre la surface d'appui du rail sur la traverse

et la surface d'appui de traverse sur le ballast .Il suffit donc de disposer, sous chaque file d'un blochet en béton. Cette traverse est constituée de deux appuis à large empattement, dont l'écartement est maintenu par une entretoise métallique.



Figure VII.11: Traverse bi-bloc

VII.2.3 Les accessoires de pose transversale :

VII.2.3.1 La Semelle :

Posée entre le rail et la traverse généralement en élastomère «caoutchouc» de 9 mm d'épaisseur à une capacité d'amortissement importante qui peut réduire considérablement les charges exercées sur les traverses.

VII.2.3.2 Les Attaches :

Une attache est un dispositif constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur traverse pour l'empêcher de tout déplacement.

Il existe des attaches rigides comme tirefonds et crampons utilisées pour les traverses en bois, le premier type serre mal le patin, le rail alors peut se relever de la traverse, le deuxième est tellement rigide, que le rail peut soulever la traverse en se redressant, pour les traverses métalliques, il s'agit des boulons qui fixent les crapauds sur le patin. Des attache élastiques « de types nabla, E-clip etc. » convient aux longs rails soudés sur les traverses en béton sont les plus utilisées, ils peuvent résister d'une manière élastique aux mouvements verticaux, surtout vers le haut, ces déplacements se font sans jeu, sans chocs.

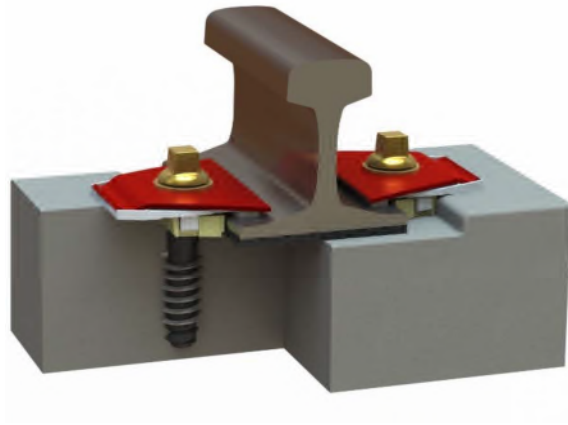


Figure VII.12: Attache élastique Nabla



Figure VII.13: Attache élastique E-clip

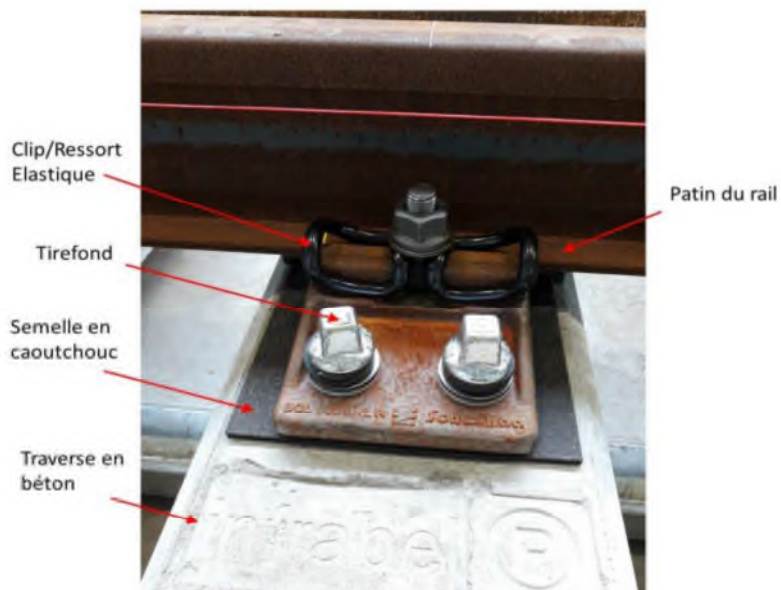


Figure VII.14: Liaison rail-traverse

VII.2.4 Les appareils de voie :

Les appareils de voie sont des dispositifs qui permettent la communication d'une voie sur une autre ou le croisement à niveau de deux voies, tout en conservant le mouvement. En effet, le conducteur d'un train n'ayant aucune maîtrise de la direction prise par le convoi, ce sont les appareils de voie qui sont chargés de le guider et de l'orienter de façon mécanique et passive ; Il peut être commandé automatiquement ou manuellement depuis un poste d'aiguillage ou bien à pied d'œuvre (sur le terrain) par une personne habilitée. Ainsi on peut classer suivant deux types :

- **Le branchement** : comporte deux pièces mobiles terminées en pointe ; Sur un appareil de voie de type branchement simple on distingue trois parties :

1. la partie aiguillage qui comprend les aiguilles mobiles et les contre aiguilles
2. la partie intermédiaire qui est assimilable à de la voie courante
3. la partie croisement qui comprend le cœur de croisement et les contre-rails

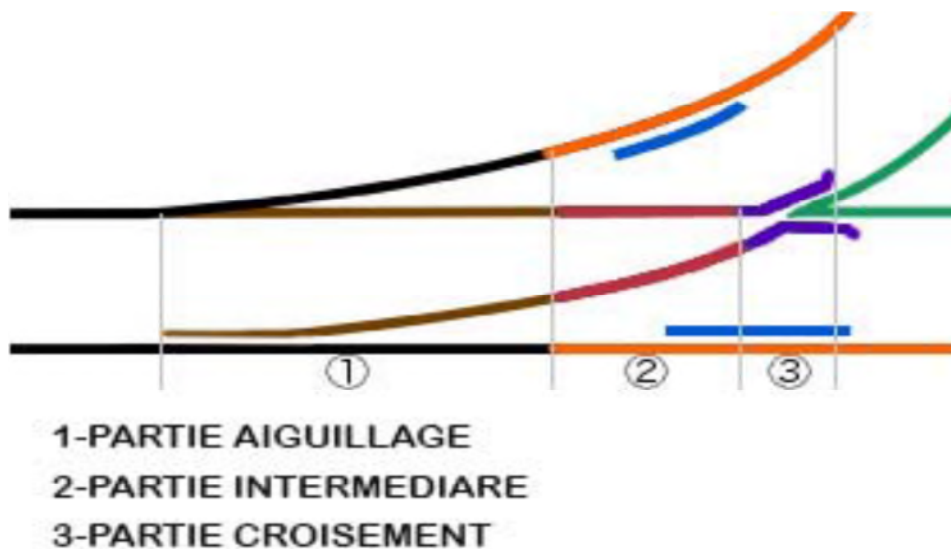


Figure VII.15: Appareils de voie type branchement

- **Les traversées** : les traversées simples permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre, sans qu'il ne soit possible d'agir sur l'orientation des trains.

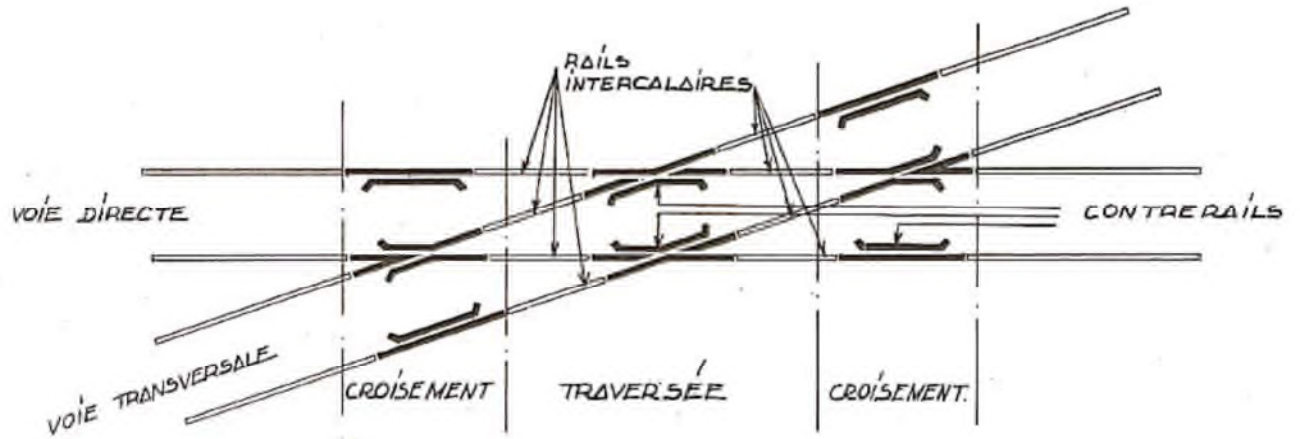


Figure VII.16: Appareils de voie type traversé

VII.3. Les caractéristiques des composantes de la voie adoptée pour notre projet :

| Composantes | Caractéristique |
|-------------------|-------------------------------|
| Rail | Rail Vignole UIC 60 E1 |
| Traverse | Bi bloc en béton armé VAX U31 |
| Attache | Elastique de type Nabla |
| Ecartement | 1435 mm |

Tableau VII.1 : Les caractéristiques des composantes de la voie adoptée pour notre projet

Signalisation ferroviaire

VIII.1. Introduction :

La signalisation ferroviaire est l'ensemble des signaux conventionnels d'une voie ferrée, destinés à assurer la sécurité des usagers du rail, sous forme de codes réalisés par des signaux de forme, de combinaisons, ou de couleur diverses.

On dit que la signalisation ferroviaire contrôle et commande l'évolution de la voie pour l'aiguillage des trains, ainsi que l'évolution des trains sur la voie. La capacité théorique d'une infrastructure ferroviaire est directement liée à son système de signalisation.

VIII.2. Le rôle de la signalisation ferroviaire :

La sécurité des circulations est la première priorité d'un système ferroviaire. On identifie cinq grandes problématiques de sécurité, principalement gérées par la signalisation ferroviaire.

Les risques majeurs liés aux circulations ferroviaires sont les suivants :

- Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau ;
- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages ;
- Les risques de déraillement par excès de vitesse ;
- La protection des circulations dans les établissements, convergence ou cisaillement ;
- La collision frontale de trains qui circulent en sens contraire sur la même voie, nez-à-nez.

Les installations de signalisation ferroviaire permettent de résoudre les grands problèmes précédents.

Lorsque toutes les conditions de sécurité sont vérifiées, le système ferroviaire cherche ensuite à assurer la fluidité du trafic et le respect des horaires et des débits.

VIII.3. Genre et étalon de signalisation ferroviaire :

Sur les lignes à double voie la circulation des trains se faisant normalement à gauche, les signaux implantés à demeure sont habituellement installés à gauche de la voie à laquelle ils s'adressent, ou dans la partie gauche de cette voie.

La signalisation peut être :

- **Mécanique** : il est fait usage de signaux réalisés au moyen d'une aile ou d'une cocarde de couleur.
- **Lumineuse** : il est fait usage de panneaux portant un, ou plusieurs feux de couleur, généralement disposées sur un écran noir bordé d'un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire.
- **Fixe** : lorsqu'il présente un aspect invariable.
- **Mobile** : lorsqu'il présente au moins deux aspects distincts.

Ces deux derniers signaux correspondent respectivement à la position « **signal ouvert** » et à la position « **signal fermé** ».

La signalisation peut comporter en outre :

- Des tableaux lumineux ;
- Des tableaux mécaniques fixes ou effaçables ;
- Des tableaux ou Des pancartes réflectorisées ;
- Des guidons d'arrêt...

VIII.4. Equipements de la signalisation :

- **Signaux lumineux latéraux** sont disposés le long de la voie pour transmettre des informations aux agents de conduite. Ils composent la « **signalisation latérale** ».la SL comporte deux principaux types de signaux :

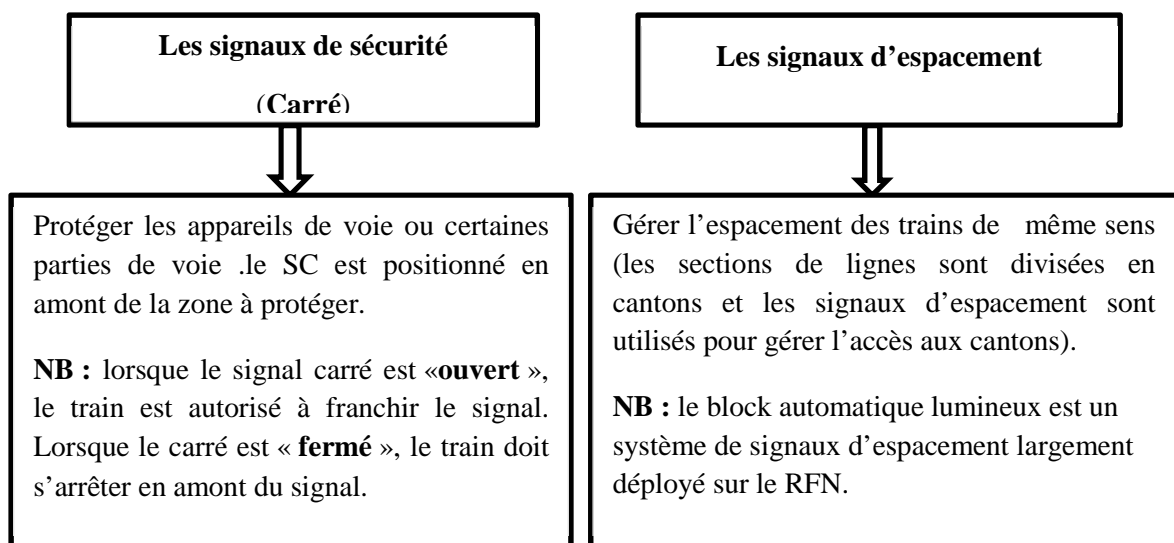


Figure VIII.1 : schéma des principaux types de signaux lumineux latéraux

- **Circuits de voie** est un circuit électrique situé sur la voie. Le cdv permet de détecter automatiquement la présence ou l'absence d'un train sur une portion de voie déterminée donc il est utilisé pour la détection des circulations.
- **Appareils de voie**, plus communément appelés **aiguillages**, permettent au train de circuler d'une voie à une autre, ou sur une voie qui en croise une autre. Ils peuvent aussi assurer une fonction de protection vis-à-vis d'itinéraires incompatibles.

VIII.5. Fonctions des signaux :

La SF répond à deux grands besoins : assurer la sécurité en parant les risques ferroviaires, et fluidifier le trafic .Pour cela la SF porte plusieurs fonctions essentielles sont :

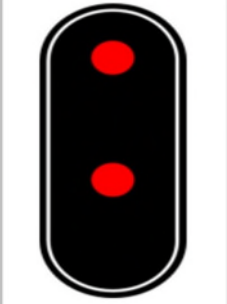
VIII.5.1 La signalisation à main :



Figure VIII.2 : les signaux à main

VIII.5.2 La signalisation au sol : normalement implantée à gauche ou au-dessus de la voie concernée.

- **Signalisation d'arrêt** : les signaux d'arrêt suivants sont utilisés pour assurer la protection dans les établissements, pour le cantonnement... comme :

| Signal | Description |
|---|--|
|  | <p>Carré (C)</p> <p>C'est un signal de protection non franchissable. Il sert à protéger des aiguillages (croisements), mais peut aussi servir à protéger certaines zones particulières.</p> |






| | |
|---|---|
|  | <p>Carré violet(Cv)</p> <p>Le carré violet est similaire au carré rouge, mais ne se rencontre que sur les voies de manœuvre, ou en protection à l'origine des itinéraires de refoulement.</p> |
|  | <p>Guidon d'arrêt(GA)</p> <p>GA commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal. Elle est en général utilisée pour protéger un passage à niveau Elle ne doit être rencontrée que par des circulations en marche à vue ou en manœuvre.</p> |
|  | <p>Sémaphore(S)</p> <p>Le feu rouge simple est appelé sémaphore, et commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal. C'est un signal d'espacement qui permet d'éviter le rattrapage des trains.</p> |
|  | <p>Feu rouge clignotant(S)</p> <p>(S) est un signal dont l'arrêt n'est pas obligatoire. Le mécanicien qui rencontre ce signal peut le franchir en marche à vue, sans marquer d'arrêt, et sans dépasser la vitesse de 15 Km/h.</p> <p>On utilise ce signal pour éviter aux trains qui ne la desservent pas de s'arrêter à quai ou pour annoncer en carré à distance réduite</p> |
|  | <p>Disque(D)</p> <p>(D) commande au mécanicien de passer en marche à vue aussitôt que possible, et de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré. Le disque est rarement implanté en B.A.L, et n'est utilisé que sur des lignes peu fréquentées.</p> |

Tableau VIII.1 : les signaux d'arrêt

- **Signalisation d'annonce d'arrêt** : on utilise habituellement






| Signal | Description |
|---|--|
|  | <p>Avertissement(A) (A) commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant le signal suivant : carré, sémaphore, carré violet; ou d'être en mesure de respecter un rouge clignotant.</p> |
|  | <p>Feu jaune clignotant(A) (A) commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant. Ce signal est implanté lorsque la distance entre l'avertissement (signal jaune) et le signal d'arrêt (signal rouge) est insuffisante pour permettre l'arrêt du train (canton court).</p> |
|  | <p>Feu vert clignotant(VL) (VL) est équivalent au feu vert fixe pour les trains dont la vitesse ne dépasse pas 160 Km. Ce signal n'est implanté que sur les lignes dont la vitesse plafond est supérieure à 160 Km/h (lignes à 200 Km/h).</p> |
|  | <p>Bande jaune horizontale(BJ) (BJ) est utilisée en complément des règles de l'avertissement. Elle indique au mécanicien que son train est dirigé vers une voie en impasse de longueur réduite (cas par exemple où la voie est déjà occupée par un train ou un morceau de train qui doit être abordé).</p> |
|  | <p>Feu vert(FV) Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée, s'y rien ne s'y oppose.</p> |

Tableau VIII.2 : les signaux d'annonce d'arrêt

- **Signalisation de limitation de vitesse** : ces limitations de vitesse peuvent avoir un caractère permanent ou temporaire.
- **Signalisation divers** : il existe
 - ✓ Des signaux d'indicateurs de direction ;
 - ✓ Des signaux de départ de trains ;
 - ✓ Des signaux propres aux manœuvres ;
 - ✓ Des signaux de sortie des certaines faisceaux ou groupes de voies convergentes ;
 - ✓ Des pancartes et des tableaux à inscriptions diverses

VIII.5.3 Signalisation de cabine : peut être complétée par une signalisation au sol dans certains cas pour :

- ✓ Repérer les points à ne pas dépasser comme :

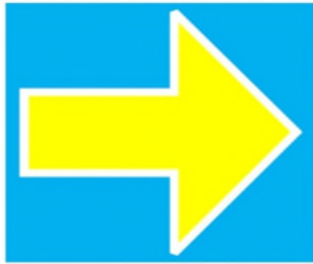


Figure VIII.3 : repère d'arrêt ETCS

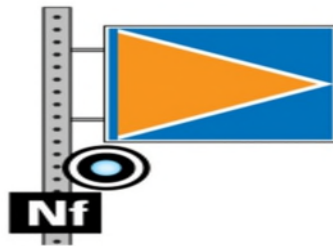


Figure VIII.4 : repère NF de la TVM

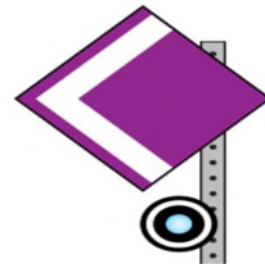


Figure VIII.5 : jalon de manœuvre de la TVM

- ✓ Donner des ordres de traction électrique, des informations aux points d'entrée et de sortie du domaine de signalisation de cabine...etc

VIII.6. Implantation des signaux :

Afin de permettre au mécanicien de s'arrêter devant un signal, ou un point à protéger ou de respecter une limitation de vitesse dans zone délimitée. Il est nécessaire de le prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normales, c'est le rôle des signaux d'annonce à distance.

Ces distances sont appelées respectivement :

- Distances d'arrêt.
- Distance de ralentissement.

La distance d'implantation d'un signal à distance est en fonction :

- Du profil moyen de la partie de la voie intéressée, déclivité moyenne.
- De la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance.
- Des caractéristiques de freinage des circulations.

La déclivité moyenne « *i* » est le quotient de la différence de niveau entre les deux positions kilométriques exprimées en millimètres par leur distance exprimée en mètres. Le quotient est affecté :

- Du signe + s'il s'agit d'une pente.
- Du signe – s'il s'agit d'une rampe.

VIII.7. Visibilité des signaux :

La sécurité ferroviaire reposant essentiellement sur le principe d'observation des signaux. On identifie deux principales conditions concernant la visibilité à partir des cabines de conduite.

| Visibilité des signaux hauts | Visibilité des signaux bas |
|--|--|
| visible à une distance $\geq 10\text{m}$ du plan de front des tampons | continus jusqu'au plan de front des tampons. |
| supposé implanté à droite ou à gauche a 2.42m de l'axe de la voie avec une hauteur qui variée entre 2.8 et 6.3m au-dessus du plan de roulement. | supposé implanté à droite ou à gauche a 1.75 m de l'axe de la voie et a 0.24 m au-dessus du plan de roulement. |

Tableau VIII.3 : visibilité des signaux

VIII.8. Les lignes à une seule voie :

Elles sont principalement exploitées selon les dispositions du régime général d'exploitation de la voie unique, certaines d'entre elles disposant d'un minimum d'équipement de signalisation sont désignées « **voie unique à signalisation simplifiée** », d'autres lignes peu fréquentées et fermées au service voyageur sont exploitées selon le régime de la « **voie unique à trafic restreint** ».

VIII.8.1 : la voie unique à signalisation simplifiée (VUSS) :

Par rapport au régime général de la voie unique, ce type de ligne se distingue par la mise en œuvre d'un minimum d'équipements. Ils se limitent à une pancarte « gare » à une distance et à un repère d'entrée.

VIII.8.2 : la voie unique à trafic restreint(VUTR) :

Ce régime concerne des lignes fermées au service voyageur qui ne comportent normalement pas de signaux. Les règles concernant le régime général d'exploitation de la voie unique ne sont pas applicables et sont remplacées par des modalités particulières définies par la SNTF.

VIII.9. Conclusion :

Les lois de la circulation sont très complexes et différent de toutes les autres lois de la circulation. La raison la plus importante de cette complication est la restriction du train par chemin de fer.

De plus, la distance d'arrêt est souvent plus longue que la capacité de voir. Donc pour garantir la sécurité et prévenir les accidents, on besoin des systèmes de contrôle et d'assistance, y a compris les signaux dont nous avons parlé.

Devis quantitatif et estimatif

| LOT : 01 - INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECTION | | | | | |
|---|---|----------------|-----------------|--------------------------|----------------|
| | | | | montant en dinars | |
| N° | DESIGNATION DES TRAVAUX | unité | quantité | prix unit, | montant |
| 01.01 | Expropriation des terrains | m ² | 726250 | 37,00 | 26 871 250,00 |
| 01.02 | Amenée du matériel et installation général du chantier (3% du montant des lots 2, 3 et 4) | F | 1 | 66 119 412,39 | 66119412,39 |
| 01.03 | Amenée du matériel et installation général du chantier | F | 1 | 66 119 412,39 | 66119412,39 |
| TOTAL INSTALLATION DE CHANTIERS ET ETUDES D'EXECTION | | | | | 92990662,39 |
| LOT : 02 - TERRASSEMENTS GENEREAUX | | | | | |
| | | | | montant en dinars | |
| N° | DESIGNATION DES TRAVAUX | unité | quantité | prix unit, | montant |
| 02.01 | Décapage de terre végétale | M ³ | 40000 | 255,92 | 10236800 |
| 02.02 | Déblais pour la mise en remblai | M ³ | 857979,495 | 624,78 | 536048428,9 |
| 02.03 | Déblais pour la mise en depot definitif | M ³ | 622269,702 | 300,38 | 186917373,1 |
| 02.04 | Couche de forme | M ³ | 35350 | 675 | 23861250 |
| 02.05 | Couche de fondation | M ³ | 30300 | 985,23 | 29852469 |
| 02.06 | Sous ballast | M ³ | 16000 | 3 003,75 | 48060000 |
| TOTAL TERRASSEMENTS GENEREAUX | | | | | 834 976 320,97 |
| LOT : 03 - TRAVAUX DE LA VOIE | | | | | |
| | | | | montant en dinars | |
| N° | DESIGNATION DES TRAVAUX | unité | quantité | prix unit, | montant |
| 03.01 | Ballastage (voie principale) | m3 | 20116 | 255,92 | 5148086,72 |
| 03.02 | Fourniture des traverses bi-bloc | U | 24208 | 624,78 | 15124674,24 |
| 03.03 | Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m) | tonne | 1753 | 300,38 | 526566,14 |
| 03.04 | Fourniture des attachés pour rails UIC 60 | U | 96833 | 648,81 | 62826218,73 |
| 03.05 | Pose de la voie | m3 | 14525 | 675 | 9804375 |
| 03.06 | Soudage Aluminiothermique | U | 50 | 985,23 | 49261,5 |
| 03.07 | Soudage électrique | U | 403 | 3 003,75 | 1210511,25 |
| TOTAL TRAVAUX DE LA VOIE | | | | | 94689693,58 |
| LOT : 04 - SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATION | | | | | |
| | | | | montant en dinars | |
| N° | DESIGNATION DES TRAVAUX | unité | quantité | prix unit, | montant |
| 04.01 | Installation et protection du chantier | F | 1 | 114 635,12 | 114635,12 |
| 04.02 | Pièces détachées et outils | F | 1 | 197 046,00 | 197046 |
| 04.03 | Gares de Croisement : Aiguille motorisée | U | 4 | 6 007,50 | 24030 |
| 04.04 | Gares de Croisement: Signal lumineux | U | 16 | 7 184,97 | 114959,52 |

Chapitre IX: Devis quantitatif et estimatif

| | | | | | |
|--|---|---|----|------------|------------|
| 04.05 | Gares de Croisement: Compteur d'essieux | U | 18 | 4 037,04 | 72666,72 |
| 04.06 | PCC Tiaret avec un poste de commande | U | 1 | 222 998,40 | 222998,4 |
| 04.07 | Détecteur de boîte chaude (DBC) | U | 1 | 36 045,00 | 36045 |
| 04.08 | Télécommunication | U | 1 | 588 490,79 | 588490,79 |
| TOTAL SIGNALISATION FERROVIAIRE | | | | | 1370871,55 |

| TABLEAU RECAPITULATIF | | |
|------------------------------|---|-----------------------------|
| N°LOT | DESIGNATIONS DES LOTS | MONTANT |
| LOT N° 01 | INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECTION | 92 990 662,39 |
| LOT N° 02 | TERRASSEMENTS GENEREAUX | 834 976 320,97 |
| LOT N° 03 | TRAVAUX DE LA VOIE | 94 689 693,58 |
| LOT N° 04 | SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATION | 1 370 871,55 |
| MONTANT TOTAL | | |
| HT | | 1 024 027 548,49 DZD |
| TVA (19%) | | 194 565 234,21 DZD |
| TTC | | 1 218 592 782,71 DZD |

Conclusion générale

Conclusion Générale

De nos jours, les infrastructures de transport symbolisent le degré de développement de pays, du fait qu'elles permettent des échanges commerciaux et facilitent les déplacements et les communications.

Pour cela, l'état a investi dans le domaine ferroviaire en lançant un programme de modernisation des anciennes lignes et création de nouvelles lignes.

Le tronçon étudié fait partie du projet de la nouvelle ligne à trafic mixte entre Tiaret et Saida du PK08+000 au PK 18+000.

L'étude d'avant-projet détaillé nous a permis d'utiliser le bagage théorique durant les années de formation à l'université d'IBN-KHALDOUN en le mettant en pratique d'une part, et de préparer à l'intégration à la vie professionnelle d'une autre part.

Ce travail nous a permis de combiner entre les conditions et les exigences des normes (UIC, RFF IN 0272) et les conditions rencontrés dans la zone d'étude.

Cette étude, nous a fait connaître la conception du tracé en essayant d'optimiser le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers tout en respectant les normes citées précédemment.

Finalement, elle nous a rajouté plus de connaissance sur le milieu professionnel dans le domaine des travaux publics et à améliorer notre maîtrise de l'outil informatique en l'occurrence les différents logiciels AUTOCAD, COVADIS,

Bibliographie

ANDRE LARANE, naissance du chemin de fer, publié ou mise à jour le 2019-10-03 12:57:11

ALIAS JEAN la voie ferrée – eyrolles (1984).

Benferhet, cours de chemin de fer, université Ibn-khaldoun_Tiaret_ 2019-2020

Code UIC 703R caractéristique de tracé des voies parcourue par des trains voyageurs rapide, 2eme édition 1989

Code UIC 719R, *ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaires*, 2ème édition 1994.

Document pédagogique, signaux régimes d'exploitations, les systèmes d'espacement des trains, édition du 5 juillet 2017.

Guide de terrassement routier NF P 11-300

IN 0272 Conception du tracé de la voie courante inférieur à 220 km, édition de 2006

La signalisation ferroviaire, ROGER RETIVEAU, octobre 1987.

Nehoua, cours de chemin de fer, université des sciences et technologie Houari Boumedién(USTHB), 2013-2014.

Revue française de géotechnique (RFG), N134-135 1^{er}-2eme trimestres 2011

www.debatpublic.fr , classification UIC, consulté le 16-09-2020 à 23h46

Formulaire tracé de voie, dévers, version 2 édition de 2001

www.wikipedia.org/ , l'histoire des chemins de fer algériens,

Consulté le 24/01/2020 à 12 :03.

www.anesrif.dz/index.php/fr/, programme national ferroviaire, consulté le 28/02/2020 à

11 :31.

Yves Noblet, tracé de voie version 6.1 du 16/06/2017.

ANNEXE

Le calcul a été exécuté par le logiciel Covadis 9.1

1. Listing tracé en plan

| Elements d'axe | | Longueur (m) | Abscisse | X | Y |
|------------------|--------------|--------------|-----------|--------------|-------------|
| | | | 0.0000 | 3754195.3153 | 776395.4428 |
| Alignement droit | | 518.8451 | | | |
| Gisement | 289.0846 | | | | |
| | | | 518.8451 | 3753684.0780 | 776306.9177 |
| Arc de cercle | | 555.1591 | | | |
| X Centre | 3753905.8832 | | | | |
| Y Centre | 775025.9796 | | | | |
| Rayon | 1300.0000 | | | | |
| | | | 1074.0041 | 3753173.4543 | 776100.0131 |
| Alignement droit | | 164.8142 | | | |
| Gisement | 261.8981 | | | | |
| | | | 1238.8184 | 3753037.2881 | 776007.1556 |
| Arc de cercle | | 919.3107 | | | |
| X Centre | 3753995.0798 | | | | |
| Y Centre | 774602.6503 | | | | |
| Rayon | 1700.0000 | | | | |
| | | | 2158.1291 | 3752450.9182 | 775313.6812 |
| Alignement droit | | 399.4773 | | | |
| Gisement | 227.4715 | | | | |
| | | | 2557.6063 | 3752283.8354 | 774950.8239 |
| Arc de cercle | | 566.6033 | | | |
| X Centre | 3750830.5068 | | | | |
| Y Centre | 775620.0294 | | | | |
| Rayon | 1600.0000 | | | | |
| | | | 3124.2096 | 3751961.5942 | 774488.3751 |
| Alignement droit | | 131.9383 | | | |
| Gisement | 250.0160 | | | | |
| | | | 3256.1479 | 3751868.2764 | 774395.1040 |
| Arc de cercle | | 561.5338 | | | |
| X Centre | 3750878.5749 | | | | |
| Y Centre | 775385.3015 | | | | |
| Rayon | 1400.0000 | | | | |
| | | | 3817.6818 | 3751403.1274 | 774087.2859 |
| Alignement droit | | 2528.8460 | | | |
| Gisement | 275.5505 | | | | |
| | | | 6346.5278 | 3749058.4976 | 773139.7769 |
| Arc de cercle | | 274.7680 | | | |
| X Centre | 3749433.1780 | | | | |
| Y Centre | 772212.6228 | | | | |
| Rayon | 1000.0000 | | | | |
| | | | 6621.2958 | 3748820.9938 | 773003.3380 |
| Alignement droit | | 95.6123 | | | |
| Gisement | 258.0582 | | | | |

| Elements d'axe | | Longueur (m) | Abscisse | X | Y |
|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|-------------|
| | | | 6716.9081 | 3748745.3917 | 772944.8057 |
| Arc de cercle | | 584.7438 | | | |
| X Centre | 3749480.0127 | | | | |
| Y Centre | 771995.9475 | | | | |
| Rayon | 1200.0000 | | | | |
| | | | 7301.6518 | 3748386.6129 | 772490.3934 |
| Alignement droit | | 194.6010 | | | |
| Gisement | 227.0366 | | | | |
| | | | 7496.2528 | 3748306.4298 | 772313.0795 |
| Arc de cercle | | 531.3673 | | | |
| X Centre | 3749217.5964 | | | | |
| Y Centre | 771901.0412 | | | | |
| Rayon | 1000.0000 | | | | |
| | | | 8027.6201 | 3748223.2810 | 771794.5660 |
| Alignement droit | | 1039.9148 | | | |
| Gisement | 193.2087 | | | | |
| | | | 9067.5350 | 3748334.0062 | 770760.5627 |
| Arc de cercle | | 216.5863 | | | |
| X Centre | 3747140.8278 | | | | |
| Y Centre | 770632.7925 | | | | |
| Rayon | 1200.0000 | | | | |
| | | | 9284.1213 | 3748337.5604 | 770544.2994 |
| Alignement droit | | 795.1517 | | | |
| Gisement | 204.6990 | | | | |
| | | | 10079.2730 | 3748278.9226 | 769751.3128 |
| Longueur totale | | 10079.2730 | | | |

2. Listing profil en long

| Caractéristiques | Long. 2D (m) | Long. 3D (m) | S = Abscisse | Z projet (m) | (X,Y) en plan | Z TN (m) |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|----------|
| | | | 0.000 | 948.706 | 3754195.32, 776395.44 | 971.943 |
| Pente = -0.983 % | 2984.433 | 2984.577 | | | | |
| | | | 2984.433 | 919.366 | 3752056.02, 774591.38 | 924.082 |
| Arc de parabole | 3948.960 | 3949.024 | | | | |
| Rayon = 200000.0000 | | | | | | |
| S bas = 4950.433 | | | | | | |
| Z bas = 909.701 | | | | | | |
| | | | 6933.393 | 919.529 | 3748587.06, 772797.60 | 906.118 |
| Rampe = 0.991 % | 3145.880 | 3146.034 | | | | |
| | | | 10079.273 | 950.715 | 3748278.92, 769751.31 | 950.715 |
| Longueur totale | 10079.273 | | | | | |

3. cubature de terrassement

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Déblais | | | | | Remblais | | | | |
|-----------|----------|------------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|
| | | | Surf. G (m²) | Surf. D (m²) | Surf. Tot (m²) | Volume (m³) | Cumul Vol. (m³) | Surf. G (m²) | Surf. D (m²) | Surf. Tot (m²) | Volume (m³) | Cumul Vol. (m³) |
| P1 | 0.000 | 15.000 | 534.38 | 686.02 | 1220.39 | 18305.919 | 18305.919 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.231 | 0.231 |
| P2 | 30.000 | 30.000 | 514.03 | 655.33 | 1169.36 | 35080.719 | 53386.638 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.469 | 0.700 |
| P3 | 60.000 | 30.000 | 500.15 | 610.18 | 1110.33 | 33309.981 | 86696.619 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.041 | 1.740 |
| P4 | 90.000 | 30.000 | 484.58 | 581.83 | 1066.41 | 31992.265 | 118688.884 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.054 | 2.794 |
| P5 | 120.000 | 30.000 | 466.70 | 564.50 | 1031.20 | 30935.881 | 149624.765 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.077 | 3.871 |
| P6 | 150.000 | 30.000 | 459.60 | 553.74 | 1013.34 | 30400.120 | 180024.885 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.072 | 4.944 |
| P7 | 180.000 | 30.000 | 453.73 | 554.63 | 1008.35 | 30250.639 | 210275.524 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.092 | 6.036 |
| P8 | 210.000 | 30.000 | 471.31 | 584.22 | 1055.53 | 31665.897 | 241941.422 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.108 | 7.143 |
| P9 | 240.000 | 30.000 | 498.53 | 622.03 | 1120.56 | 33616.795 | 275558.216 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.064 | 8.207 |
| P10 | 270.000 | 30.000 | 528.79 | 657.40 | 1186.19 | 35585.703 | 311143.919 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.707 | 8.914 |
| P11 | 300.000 | 30.000 | 556.48 | 683.05 | 1239.53 | 37185.956 | 348329.876 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.106 | 9.020 |
| P12 | 330.000 | 30.000 | 602.30 | 720.93 | 1323.24 | 39697.094 | 388026.970 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.106 | 9.125 |
| P13 | 360.000 | 30.000 | 647.09 | 771.06 | 1418.15 | 42544.485 | 430571.456 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.106 | 9.231 |
| P14 | 390.000 | 30.000 | 644.98 | 707.90 | 1352.88 | 40586.444 | 471157.900 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.629 | 9.860 |
| P15 | 420.000 | 30.000 | 595.33 | 645.55 | 1240.88 | 37226.409 | 508384.309 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.657 | 10.516 |
| P16 | 450.000 | 30.000 | 541.36 | 582.14 | 1123.51 | 33705.209 | 542089.519 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.656 | 11.173 |
| P17 | 480.000 | 30.000 | 497.54 | 553.87 | 1051.42 | 31542.511 | 573632.029 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.685 | 11.858 |
| P18 | 510.000 | 19.423 | 460.91 | 519.81 | 980.71 | 19047.921 | 592679.950 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.451 | 12.309 |
| P19 | 518.845 | 15.000 | 449.82 | 516.64 | 966.46 | 14496.910 | 607176.860 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.346 | 12.655 |
| P20 | 540.000 | 25.577 | 426.49 | 497.44 | 923.93 | 23631.681 | 630808.541 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.571 | 13.227 |
| P21 | 570.000 | 30.000 | 403.67 | 473.65 | 877.32 | 26319.714 | 657128.254 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.147 | 14.374 |
| P22 | 600.000 | 30.000 | 394.49 | 459.00 | 853.49 | 25604.838 | 682733.092 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.152 | 15.525 |
| P23 | 630.000 | 30.000 | 394.25 | 465.11 | 859.36 | 25780.739 | 708513.831 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.159 | 16.684 |
| P24 | 660.000 | 30.000 | 394.24 | 469.47 | 863.71 | 25911.197 | 734425.028 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.159 | 17.843 |
| P25 | 690.000 | 30.000 | 402.84 | 474.66 | 877.51 | 26325.170 | 760750.198 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.080 | 18.922 |
| P26 | 720.000 | 30.000 | 403.76 | 463.07 | 866.83 | 26004.796 | 786754.995 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.035 | 19.957 |
| P27 | 750.000 | 30.000 | 382.68 | 427.80 | 810.47 | 24314.236 | 811069.231 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.006 | 20.963 |
| P28 | 780.000 | 30.000 | 365.72 | 409.61 | 775.33 | 23259.793 | 834329.024 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.006 | 21.969 |
| P29 | 810.000 | 30.000 | 355.94 | 395.63 | 751.56 | 22546.917 | 856875.941 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.011 | 22.980 |
| P30 | 840.000 | 30.000 | 348.95 | 389.97 | 738.92 | 22167.546 | 879043.487 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.966 | 23.946 |
| P31 | 870.000 | 30.000 | 339.19 | 389.83 | 729.02 | 21870.745 | 900914.232 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.975 | 24.921 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|------|------|------|-------|--------|
| P32 | 900.000 | 30.000 | 310.51 | 354.20 | 664.71 | 19941.21 9 | 920855.4 51 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.050 | 25.971 |
| P33 | 930.000 | 30.000 | 283.82 | 328.66 | 612.48 | 18374.45 5 | 939229.9 06 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.051 | 27.022 |
| P34 | 960.000 | 30.000 | 259.99 | 308.60 | 568.59 | 17057.60 2 | 956287.5 08 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.035 | 28.056 |
| P35 | 990.000 | 30.000 | 226.26 | 253.39 | 479.65 | 14389.37 8 | 970676.8 86 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.033 | 29.089 |
| P36 | 1020.000 | 30.000 | 195.12 | 207.72 | 402.84 | 12085.17 7 | 982762.0 63 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.034 | 30.123 |
| P37 | 1050.000 | 27.002 | 183.07 | 196.94 | 380.01 | 10261.06 6 | 993023.1 30 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.945 | 31.068 |
| P38 | 1074.004 | 15.000 | 182.93 | 195.02 | 377.95 | 5669.201 | 998692.3 30 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.528 | 31.596 |
| P39 | 1080.000 | 17.998 | 182.23 | 195.07 | 377.30 | 6790.664 | 1005482. 994 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.632 | 32.229 |
| P40 | 1110.000 | 30.000 | 172.96 | 189.14 | 362.10 | 10863.00 1 | 1016345. 995 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.042 | 33.270 |
| P41 | 1140.000 | 30.000 | 149.24 | 176.01 | 325.25 | 9757.367 | 1026103. 362 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.038 | 34.308 |
| P42 | 1170.000 | 30.000 | 159.06 | 173.79 | 332.85 | 9985.382 | 1036088. 743 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.767 | 35.075 |
| P43 | 1200.000 | 30.000 | 153.30 | 169.68 | 322.98 | 9689.429 | 1045778. 172 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.032 | 36.107 |
| P44 | 1230.000 | 19.409 | 147.13 | 161.80 | 308.93 | 5996.083 | 1051774. 255 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.670 | 36.777 |
| P45 | 1238.818 | 15.000 | 145.42 | 159.54 | 304.96 | 4574.330 | 1056348. 585 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.515 | 37.291 |
| P46 | 1260.000 | 25.591 | 140.72 | 155.56 | 296.28 | 7582.075 | 1063930. 660 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.880 | 38.172 |
| P47 | 1290.000 | 30.000 | 135.12 | 151.46 | 286.58 | 8597.508 | 1072528. 169 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.039 | 39.211 |
| P48 | 1320.000 | 30.000 | 130.28 | 143.68 | 273.96 | 8218.734 | 1080746. 902 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.020 | 40.231 |
| P49 | 1350.000 | 30.000 | 124.42 | 135.31 | 259.73 | 7791.864 | 1088538. 766 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.023 | 41.254 |
| P50 | 1380.000 | 30.000 | 114.69 | 125.16 | 239.85 | 7195.415 | 1095734. 181 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.032 | 42.286 |
| P51 | 1410.000 | 30.000 | 110.26 | 120.67 | 230.93 | 6927.825 | 1102662. 006 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.021 | 43.306 |
| P52 | 1440.000 | 30.000 | 109.79 | 124.54 | 234.34 | 7030.112 | 1109692. 117 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.021 | 44.327 |
| P53 | 1470.000 | 30.000 | 110.51 | 127.38 | 237.90 | 7136.939 | 1116829. 056 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.022 | 45.349 |
| P54 | 1500.000 | 30.000 | 110.29 | 127.47 | 237.76 | 7132.841 | 1123961. 897 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.018 | 46.367 |
| P55 | 1530.000 | 30.000 | 107.16 | 123.04 | 230.20 | 6906.063 | 1130867. 960 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.018 | 47.385 |
| P56 | 1560.000 | 30.000 | 101.13 | 115.28 | 216.41 | 6492.413 | 1137360. 374 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.026 | 48.411 |
| P57 | 1590.000 | 30.000 | 95.62 | 107.60 | 203.22 | 6096.594 | 1143456. 967 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.026 | 49.438 |
| P58 | 1620.000 | 30.000 | 89.14 | 99.36 | 188.50 | 5655.021 | 1149111. 988 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.044 | 50.482 |
| P59 | 1650.000 | 30.000 | 82.93 | 91.49 | 174.42 | 5232.459 | 1154344. 447 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.040 | 51.522 |
| P60 | 1680.000 | 30.000 | 79.70 | 89.51 | 169.21 | 5076.374 | 1159420. 821 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.040 | 52.562 |
| P61 | 1710.000 | 30.000 | 76.30 | 87.14 | 163.44 | 4903.199 | 1164324. 020 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.039 | 53.601 |
| P62 | 1740.000 | 30.000 | 74.52 | 85.50 | 160.02 | 4800.564 | 1169124. 584 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.052 | 54.652 |
| P63 | 1770.000 | 30.000 | 74.85 | 85.07 | 159.92 | 4797.658 | 1173922. 242 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.039 | 55.691 |
| P64 | 1800.000 | 30.000 | 75.81 | 88.20 | 164.01 | 4920.271 | 1178842. 513 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.059 | 56.751 |
| P65 | 1830.000 | 30.000 | 77.76 | 91.73 | 169.49 | 5084.728 | 1183927. 241 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.048 | 57.799 |
| P66 | 1860.000 | 30.000 | 76.15 | 87.12 | 163.26 | 4897.886 | 1188825. 126 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.044 | 58.843 |
| P67 | 1890.000 | 30.000 | 70.77 | 79.52 | 150.29 | 4508.718 | 1193333. 845 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.035 | 59.878 |
| P68 | 1920.000 | 30.000 | 65.68 | 74.38 | 140.06 | 4201.738 | 1197535. 582 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.025 | 60.903 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|-------------|------|------|------|-------|--------|
| P69 | 1950.000 | 30.000 | 60.68 | 69.27 | 129.95 | 3898.350 | 1201433.933 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.028 | 61.932 |
| P70 | 1980.000 | 30.000 | 57.01 | 65.11 | 122.12 | 3663.593 | 1205097.525 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.028 | 62.959 |
| P71 | 2010.000 | 30.000 | 55.35 | 62.57 | 117.92 | 3537.747 | 1208635.272 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.029 | 63.988 |
| P72 | 2040.000 | 30.000 | 48.52 | 52.94 | 101.46 | 3043.815 | 1211679.087 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.022 | 65.010 |
| P73 | 2070.000 | 30.000 | 36.36 | 43.04 | 79.40 | 2381.904 | 1214060.991 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.083 | 66.093 |
| P74 | 2100.000 | 30.000 | 55.85 | 63.18 | 119.03 | 3570.785 | 1217631.776 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.018 | 67.111 |
| P75 | 2130.000 | 29.065 | 65.34 | 70.96 | 136.30 | 3961.468 | 1221593.244 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.990 | 68.101 |
| P76 | 2158.129 | 15.000 | 69.84 | 77.50 | 147.34 | 2210.123 | 1223803.367 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.514 | 68.616 |
| P77 | 2160.000 | 15.935 | 70.30 | 77.72 | 148.02 | 2358.738 | 1226162.105 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.544 | 69.160 |
| P78 | 2190.000 | 30.000 | 71.61 | 78.93 | 150.55 | 4516.480 | 1230678.585 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.027 | 70.187 |
| P79 | 2220.000 | 30.000 | 80.77 | 90.46 | 171.23 | 5136.922 | 1235815.507 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.021 | 71.208 |
| P80 | 2250.000 | 30.000 | 101.26 | 107.36 | 208.62 | 6258.628 | 1242074.135 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.972 | 72.180 |
| P81 | 2280.000 | 30.000 | 101.64 | 100.53 | 202.16 | 6064.903 | 1248139.038 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.995 | 73.175 |
| P82 | 2310.000 | 30.000 | 95.18 | 99.27 | 194.46 | 5833.695 | 1253972.733 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.906 | 74.082 |
| P83 | 2340.000 | 30.000 | 71.30 | 96.43 | 167.73 | 5031.955 | 1259004.688 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.907 | 74.989 |
| P84 | 2370.000 | 30.000 | 44.10 | 66.29 | 110.39 | 3311.824 | 1262316.512 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.856 | 75.845 |
| P85 | 2400.000 | 30.000 | 22.00 | 25.97 | 47.97 | 1439.038 | 1263755.550 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.050 | 76.895 |
| P86 | 2430.000 | 30.000 | 35.10 | 39.01 | 74.11 | 2223.321 | 1265978.871 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.084 | 77.979 |
| P87 | 2460.000 | 30.000 | 79.38 | 76.74 | 156.12 | 4683.607 | 1270662.478 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.100 | 79.079 |
| P88 | 2490.000 | 30.000 | 103.06 | 115.90 | 218.95 | 6568.579 | 1277231.057 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.997 | 80.076 |
| P89 | 2520.000 | 30.000 | 90.69 | 121.97 | 212.65 | 6379.647 | 1283610.704 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.990 | 81.066 |
| P90 | 2550.000 | 18.803 | 74.39 | 111.03 | 185.42 | 3486.577 | 1287097.280 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.624 | 81.690 |
| P91 | 2557.606 | 15.000 | 70.97 | 106.26 | 177.23 | 2658.404 | 1289755.684 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.497 | 82.188 |
| P92 | 2580.000 | 26.197 | 60.52 | 89.28 | 149.81 | 3924.450 | 1293680.134 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.927 | 83.115 |
| P93 | 2610.000 | 30.000 | 50.48 | 67.56 | 118.04 | 3541.222 | 1297221.356 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.065 | 84.180 |
| P94 | 2640.000 | 30.000 | 39.73 | 53.08 | 92.82 | 2784.507 | 1300005.863 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.042 | 85.222 |
| P95 | 2670.000 | 30.000 | 31.79 | 41.73 | 73.52 | 2205.543 | 1302211.407 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.052 | 86.275 |
| P96 | 2700.000 | 30.000 | 25.56 | 33.04 | 58.60 | 1757.942 | 1303969.349 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.055 | 87.330 |
| P97 | 2730.000 | 30.000 | 21.56 | 28.14 | 49.70 | 1490.884 | 1305460.233 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.047 | 88.377 |
| P98 | 2760.000 | 30.000 | 20.24 | 26.31 | 46.55 | 1396.620 | 1306856.853 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.037 | 89.414 |
| P99 | 2790.000 | 30.000 | 19.06 | 23.76 | 42.82 | 1284.497 | 1308141.350 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.043 | 90.457 |
| P100 | 2820.000 | 30.000 | 20.11 | 24.37 | 44.48 | 1334.390 | 1309475.741 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.036 | 91.492 |
| P101 | 2850.000 | 30.000 | 22.79 | 27.07 | 49.86 | 1495.831 | 1310971.571 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.035 | 92.528 |
| P102 | 2880.000 | 30.000 | 27.87 | 32.06 | 59.93 | 1797.930 | 1312769.502 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.043 | 93.571 |
| P103 | 2910.000 | 30.000 | 41.70 | 42.00 | 83.71 | 2511.243 | 1315280.745 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.044 | 94.615 |
| P104 | 2940.000 | 30.000 | 60.12 | 57.81 | 117.93 | 3537.819 | 1318818.564 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.025 | 95.640 |
| P105 | 2970.000 | 30.000 | 60.10 | 64.96 | 125.07 | 3751.988 | 1322570.552 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.021 | 96.660 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|--------|--------|--------|-----------|-------------|-------|-------|--------|----------|-----------|
| P106 | 3000.000 | 30.000 | 53.42 | 60.48 | 113.91 | 3417.163 | 1325987.715 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.045 | 97.706 |
| P107 | 3030.000 | 30.000 | 67.68 | 75.46 | 143.15 | 4294.353 | 1330282.068 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.026 | 98.731 |
| P108 | 3060.000 | 30.000 | 94.10 | 101.98 | 196.07 | 5882.141 | 1336164.209 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.007 | 99.739 |
| P109 | 3090.000 | 30.000 | 94.77 | 106.61 | 201.38 | 6041.263 | 1342205.473 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.032 | 100.771 |
| P110 | 3120.000 | 17.105 | 82.32 | 100.76 | 183.07 | 3131.451 | 1345336.924 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.587 | 101.358 |
| P111 | 3124.210 | 15.000 | 82.97 | 101.12 | 184.09 | 2761.408 | 1348098.332 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.517 | 101.875 |
| P112 | 3150.000 | 27.895 | 87.67 | 108.79 | 196.46 | 5480.253 | 1353578.585 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.955 | 102.830 |
| P113 | 3180.000 | 30.000 | 99.23 | 114.56 | 213.79 | 6413.746 | 1359992.331 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.027 | 103.857 |
| P114 | 3210.000 | 30.000 | 121.58 | 130.83 | 252.41 | 7572.340 | 1367564.672 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.037 | 104.893 |
| P115 | 3240.000 | 23.074 | 137.13 | 151.21 | 288.35 | 6653.284 | 1374217.956 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.782 | 105.675 |
| P116 | 3256.148 | 15.000 | 144.02 | 161.61 | 305.63 | 4584.497 | 1378802.453 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.508 | 106.183 |
| P117 | 3270.000 | 21.926 | 150.52 | 170.14 | 320.66 | 7030.866 | 1385833.319 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.734 | 106.917 |
| P118 | 3300.000 | 30.000 | 170.45 | 180.04 | 350.49 | 10514.638 | 1396347.957 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.008 | 107.926 |
| P119 | 3330.000 | 30.000 | 185.00 | 186.50 | 371.50 | 11145.075 | 1407493.032 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.011 | 108.937 |
| P120 | 3360.000 | 30.000 | 176.34 | 169.01 | 345.36 | 10360.744 | 1417853.776 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.007 | 109.944 |
| P121 | 3390.000 | 30.000 | 154.82 | 142.50 | 297.32 | 8919.723 | 1426773.499 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.997 | 110.941 |
| P122 | 3420.000 | 30.000 | 120.89 | 104.52 | 225.41 | 6762.427 | 1433535.926 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.002 | 111.942 |
| P123 | 3450.000 | 30.000 | 77.55 | 65.43 | 142.98 | 4289.424 | 1437825.351 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.059 | 113.001 |
| P124 | 3480.000 | 30.000 | 43.68 | 41.70 | 85.38 | 2561.424 | 1440386.774 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.069 | 114.069 |
| P125 | 3510.000 | 30.000 | 28.15 | 36.16 | 64.31 | 1929.332 | 1442316.107 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.079 | 115.149 |
| P126 | 3540.000 | 30.000 | 27.89 | 36.92 | 64.81 | 1944.416 | 1444260.523 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.029 | 116.177 |
| P127 | 3570.000 | 30.000 | 28.10 | 36.49 | 64.60 | 1937.920 | 1446198.443 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.029 | 117.206 |
| P128 | 3600.000 | 30.000 | 24.92 | 32.27 | 57.19 | 1715.655 | 1447914.098 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.023 | 118.229 |
| P129 | 3630.000 | 30.000 | 21.03 | 28.13 | 49.16 | 1474.673 | 1449388.771 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.027 | 119.256 |
| P130 | 3660.000 | 30.000 | 25.03 | 32.68 | 57.71 | 1731.173 | 1451119.944 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.019 | 120.275 |
| P131 | 3690.000 | 30.000 | 12.05 | 15.70 | 27.74 | 832.249 | 1451952.193 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.015 | 121.289 |
| P132 | 3720.000 | 30.000 | 1.82 | 4.34 | 6.16 | 184.922 | 1452137.115 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.030 | 122.319 |
| P133 | 3750.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 4.22 | 2.58 | 6.80 | 204.018 | 326.337 |
| P134 | 3780.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 6.50 | 4.93 | 11.43 | 342.907 | 669.244 |
| P135 | 3810.000 | 18.841 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 10.66 | 8.83 | 19.49 | 367.261 | 1036.505 |
| P136 | 3817.682 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 12.18 | 10.80 | 22.98 | 344.738 | 1381.243 |
| P137 | 3840.000 | 26.159 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 16.96 | 16.40 | 33.36 | 872.760 | 2254.002 |
| P138 | 3870.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 29.53 | 28.35 | 57.89 | 1736.575 | 3990.577 |
| P139 | 3900.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 43.78 | 35.85 | 79.63 | 2388.843 | 6379.421 |
| P140 | 3930.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 49.67 | 45.90 | 95.57 | 2867.143 | 9246.564 |
| P141 | 3960.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 67.77 | 60.23 | 128.01 | 3840.261 | 13086.825 |
| P142 | 3990.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 82.52 | 74.36 | 156.88 | 4706.384 | 17793.209 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|------|-------|---------|-------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| P143 | 4020.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 93.20 | 85.74 | 178.93 | 5367.951 | 23161.160 |
| P144 | 4050.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 99.01 | 97.80 | 196.81 | 5904.320 | 29065.480 |
| P145 | 4080.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 90.07 | 95.01 | 185.08 | 5552.401 | 34617.880 |
| P146 | 4110.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 86.25 | 87.91 | 174.16 | 5224.907 | 39842.788 |
| P147 | 4140.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 78.89 | 82.28 | 161.16 | 4834.919 | 44677.706 |
| P148 | 4170.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452137.115 | 16.50 | 20.65 | 37.15 | 1114.632 | 45792.339 |
| P149 | 4200.000 | 30.000 | 1.01 | 0.00 | 1.01 | 30.349 | 1452167.464 | 0.20 | 1.50 | 1.70 | 50.921 | 45843.260 |
| P150 | 4230.000 | 30.000 | 7.67 | 4.36 | 12.03 | 360.925 | 1452528.389 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.054 | 45844.314 |
| P151 | 4260.000 | 30.000 | 4.42 | 0.84 | 5.25 | 157.573 | 1452685.963 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 1.071 | 45845.385 |
| P152 | 4290.000 | 30.000 | 0.69 | 0.00 | 0.69 | 20.703 | 1452706.666 | 1.49 | 3.62 | 5.11 | 153.330 | 45998.714 |
| P153 | 4320.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 4.77 | 7.11 | 11.88 | 356.317 | 46355.031 |
| P154 | 4350.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 11.61 | 17.24 | 28.85 | 865.512 | 47220.543 |
| P155 | 4380.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 21.53 | 32.08 | 53.61 | 1608.274 | 48828.817 |
| P156 | 4410.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 24.10 | 34.93 | 59.02 | 1770.650 | 50599.467 |
| P157 | 4440.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 19.20 | 24.32 | 43.52 | 1305.632 | 51905.098 |
| P158 | 4470.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 29.81 | 30.05 | 59.86 | 1795.842 | 53700.940 |
| P159 | 4500.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 49.97 | 48.89 | 98.86 | 2965.902 | 56666.842 |
| P160 | 4530.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 63.63 | 67.81 | 131.44 | 3943.261 | 60610.103 |
| P161 | 4560.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 68.19 | 79.19 | 147.38 | 4421.291 | 65031.394 |
| P162 | 4590.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 67.15 | 81.93 | 149.08 | 4472.406 | 69503.800 |
| P163 | 4620.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 109.45 | 113.76 | 223.20 | 6696.150 | 76199.950 |
| P164 | 4650.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 127.43 | 132.35 | 259.78 | 7793.496 | 83993.446 |
| P165 | 4680.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 140.88 | 145.34 | 286.22 | 8586.588 | 92580.034 |
| P166 | 4710.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 151.66 | 154.00 | 305.66 | 9169.884 | 101749.918 |
| P167 | 4740.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 154.95 | 159.42 | 314.37 | 9431.131 | 111181.049 |
| P168 | 4770.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 158.69 | 162.27 | 320.97 | 9629.021 | 120810.070 |
| P169 | 4800.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 166.87 | 164.40 | 331.28 | 9938.325 | 130748.395 |
| P170 | 4830.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 198.37 | 189.55 | 387.91 | 11637.370 | 142385.765 |
| P171 | 4860.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 195.85 | 187.86 | 383.71 | 11511.376 | 153897.141 |
| P172 | 4890.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 195.25 | 191.71 | 386.96 | 11608.824 | 165505.965 |
| P173 | 4920.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 195.37 | 193.37 | 388.74 | 11662.329 | 177168.294 |
| P174 | 4950.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 277.80 | 239.87 | 517.67 | 15530.156 | 192698.450 |
| P175 | 4980.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 231.21 | 231.40 | 462.61 | 13878.314 | 206576.764 |
| P176 | 5010.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 226.16 | 214.43 | 440.59 | 13217.755 | 219794.519 |
| P177 | 5040.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 214.33 | 203.24 | 417.57 | 12527.179 | 232321.697 |
| P178 | 5070.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 199.67 | 188.90 | 388.57 | 11657.125 | 243978.822 |
| P179 | 5100.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 182.88 | 173.09 | 355.97 | 10679.242 | 254658.064 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|--------|--------|--------|----------|------------|
| P180 | 5130.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 167.22 | 149.03 | 316.25 | 9487.495 | 264145.559 |
| P181 | 5160.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 138.53 | 108.98 | 247.51 | 7425.304 | 271570.863 |
| P182 | 5190.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 103.88 | 79.04 | 182.92 | 5487.604 | 277058.467 |
| P183 | 5220.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 106.92 | 85.15 | 192.07 | 5762.057 | 282820.524 |
| P184 | 5250.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 114.25 | 90.51 | 204.76 | 6142.704 | 288963.228 |
| P185 | 5280.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 99.06 | 75.20 | 174.26 | 5227.655 | 294190.882 |
| P186 | 5310.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 82.68 | 64.57 | 147.25 | 4417.461 | 298608.343 |
| P187 | 5340.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 65.36 | 49.62 | 114.98 | 3449.479 | 302057.822 |
| P188 | 5370.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 56.29 | 44.53 | 100.82 | 3024.477 | 305082.299 |
| P189 | 5400.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 42.30 | 38.34 | 80.65 | 2419.356 | 307501.655 |
| P190 | 5430.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 42.06 | 38.09 | 80.15 | 2404.597 | 309906.252 |
| P191 | 5460.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 46.05 | 40.07 | 86.12 | 2583.643 | 312489.895 |
| P192 | 5490.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 30.56 | 28.07 | 58.63 | 1758.801 | 314248.696 |
| P193 | 5520.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 20.61 | 20.21 | 40.82 | 1224.587 | 315473.283 |
| P194 | 5550.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 14.71 | 14.56 | 29.27 | 878.199 | 316351.482 |
| P195 | 5580.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 8.95 | 8.80 | 17.75 | 532.363 | 316883.846 |
| P196 | 5610.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1452706.666 | 2.90 | 2.82 | 5.72 | 171.627 | 317055.472 |
| P197 | 5640.000 | 30.000 | 3.16 | 3.23 | 6.39 | 191.812 | 1452898.477 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.019 | 317056.492 |
| P198 | 5670.000 | 30.000 | 10.15 | 10.43 | 20.58 | 617.534 | 1453516.011 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.027 | 317057.518 |
| P199 | 5700.000 | 30.000 | 17.76 | 18.57 | 36.34 | 1090.060 | 1454606.072 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.015 | 317058.534 |
| P200 | 5730.000 | 30.000 | 24.06 | 25.08 | 49.15 | 1474.378 | 1456080.449 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.019 | 317059.553 |
| P201 | 5760.000 | 30.000 | 27.04 | 28.74 | 55.78 | 1673.307 | 1457753.756 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.026 | 317060.579 |
| P202 | 5790.000 | 30.000 | 29.89 | 31.33 | 61.23 | 1836.782 | 1459590.538 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.020 | 317061.599 |
| P203 | 5820.000 | 30.000 | 31.07 | 32.39 | 63.46 | 1903.790 | 1461494.328 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.016 | 317062.615 |
| P204 | 5850.000 | 30.000 | 30.64 | 29.72 | 60.36 | 1810.726 | 1463305.054 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.015 | 317063.630 |
| P205 | 5880.000 | 30.000 | 23.68 | 24.20 | 47.88 | 1436.373 | 1464741.428 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.032 | 317064.661 |
| P206 | 5910.000 | 30.000 | 19.14 | 19.43 | 38.57 | 1157.063 | 1465898.491 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.019 | 317065.680 |
| P207 | 5940.000 | 30.000 | 14.64 | 14.19 | 28.83 | 865.009 | 1466763.500 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.020 | 317066.700 |
| P208 | 5970.000 | 30.000 | 9.24 | 8.66 | 17.90 | 537.136 | 1467300.636 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.024 | 317067.724 |
| P209 | 6000.000 | 30.000 | 3.71 | 3.28 | 6.99 | 209.742 | 1467510.378 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.023 | 317068.747 |
| P210 | 6030.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 1.20 | 1.52 | 2.73 | 81.825 | 317150.572 |
| P211 | 6060.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 4.49 | 5.09 | 9.59 | 287.584 | 317438.155 |
| P212 | 6090.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 5.46 | 6.23 | 11.69 | 350.839 | 317788.994 |
| P213 | 6120.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 6.90 | 8.14 | 15.03 | 450.962 | 318239.956 |
| P214 | 6150.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 6.46 | 6.87 | 13.34 | 400.070 | 318640.026 |
| P215 | 6180.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 6.97 | 7.06 | 14.03 | 421.014 | 319061.040 |
| P216 | 6210.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 11.32 | 11.09 | 22.41 | 672.240 | 319733.281 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|------|------|-------|-----------------|--------|--------|--------|----------|----------------|
| P217 | 6240.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 18.76 | 18.99 | 37.75 | 1132.632 | 320865.9 13 |
| P218 | 6270.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 33.97 | 36.08 | 70.05 | 2101.650 | 322967.5 63 |
| P219 | 6300.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 62.59 | 64.17 | 126.76 | 3802.714 | 326770.2 77 |
| P220 | 6330.000 | 23.264 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 99.37 | 101.03 | 200.40 | 4662.097 | 331432.3 74 |
| P221 | 6346.528 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 105.02 | 106.92 | 211.94 | 3179.174 | 334611.5 48 |
| P222 | 6360.000 | 21.736 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 99.84 | 102.30 | 202.14 | 4393.806 | 339005.3 54 |
| P223 | 6390.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 86.40 | 89.04 | 175.44 | 5263.213 | 344268.5 67 |
| P224 | 6420.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 77.80 | 79.50 | 157.30 | 4719.076 | 348987.6 43 |
| P225 | 6450.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 82.28 | 84.27 | 166.55 | 4996.389 | 353984.0 32 |
| P226 | 6480.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 89.59 | 93.65 | 183.23 | 5497.050 | 359481.0 82 |
| P227 | 6510.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 89.34 | 94.59 | 183.93 | 5517.932 | 364999.0 14 |
| P228 | 6540.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 95.35 | 101.02 | 196.37 | 5891.016 | 370890.0 30 |
| P229 | 6570.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 100.41 | 107.14 | 207.55 | 6226.362 | 377116.3 92 |
| P230 | 6600.000 | 25.648 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 105.54 | 113.52 | 219.07 | 5618.564 | 382734.9 55 |
| P231 | 6621.296 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 107.73 | 116.53 | 224.27 | 3363.981 | 386098.9 36 |
| P232 | 6630.000 | 19.352 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 108.34 | 117.64 | 225.98 | 4373.154 | 390472.0 90 |
| P233 | 6660.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 110.27 | 120.74 | 231.01 | 6930.317 | 397402.4 07 |
| P234 | 6690.000 | 28.454 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 115.07 | 125.08 | 240.15 | 6833.355 | 404235.7 62 |
| P235 | 6716.908 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 119.27 | 127.43 | 246.70 | 3700.555 | 407936.3 17 |
| P236 | 6720.000 | 16.546 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 119.61 | 127.69 | 247.30 | 4091.891 | 412028.2 08 |
| P237 | 6750.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 122.97 | 130.78 | 253.75 | 7612.599 | 419640.8 07 |
| P238 | 6780.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 126.54 | 132.78 | 259.32 | 7779.560 | 427420.3 66 |
| P239 | 6810.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 131.19 | 133.94 | 265.13 | 7953.905 | 435374.2 71 |
| P240 | 6840.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 133.62 | 134.32 | 267.94 | 8038.228 | 443412.4 99 |
| P241 | 6870.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 133.95 | 135.82 | 269.77 | 8093.033 | 451505.5 33 |
| P242 | 6900.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 133.81 | 137.04 | 270.85 | 8125.474 | 459631.0 07 |
| P243 | 6930.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 133.83 | 137.09 | 270.92 | 8127.736 | 467758.7 43 |
| P244 | 6960.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 136.70 | 137.53 | 274.23 | 8226.842 | 475985.5 86 |
| P245 | 6990.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 136.85 | 136.84 | 273.68 | 8210.549 | 484196.1 34 |
| P246 | 7020.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 136.03 | 137.15 | 273.18 | 8195.252 | 492391.3 87 |
| P247 | 7050.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 132.58 | 134.93 | 267.51 | 8025.381 | 500416.7 68 |
| P248 | 7080.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 127.62 | 131.19 | 258.81 | 7764.260 | 508181.0 28 |
| P249 | 7110.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 120.92 | 125.40 | 246.32 | 7389.598 | 515570.6 27 |
| P250 | 7140.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 112.35 | 118.82 | 231.17 | 6935.052 | 522505.6 79 |
| P251 | 7170.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 100.26 | 107.76 | 208.01 | 6240.416 | 528746.0 95 |
| P252 | 7200.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 86.52 | 91.37 | 177.89 | 5336.701 | 534082.7 96 |
| P253 | 7230.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510. 378 | 70.28 | 73.98 | 144.27 | 4327.957 | 538410.7 54 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|-------|-------|--------|----------|------------|
| P254 | 7260.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 42.26 | 62.35 | 104.62 | 3138.573 | 541549.326 |
| P255 | 7290.000 | 20.826 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 50.70 | 54.15 | 104.84 | 2183.448 | 543732.774 |
| P256 | 7301.652 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 50.87 | 51.17 | 102.05 | 1530.686 | 545263.460 |
| P257 | 7320.000 | 24.174 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 49.02 | 46.70 | 95.73 | 2314.073 | 547577.533 |
| P258 | 7350.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 42.11 | 40.76 | 82.87 | 2486.165 | 550063.698 |
| P259 | 7380.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 35.02 | 34.12 | 69.14 | 2074.182 | 552137.880 |
| P260 | 7410.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 28.44 | 27.78 | 56.23 | 1686.863 | 553824.744 |
| P261 | 7440.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 22.38 | 21.48 | 43.85 | 1315.610 | 555140.354 |
| P262 | 7470.000 | 28.126 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 16.81 | 15.57 | 32.39 | 910.987 | 556051.340 |
| P263 | 7496.253 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 12.34 | 10.82 | 23.16 | 347.445 | 556398.785 |
| P264 | 7500.000 | 16.874 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 11.73 | 10.10 | 21.83 | 368.331 | 556767.116 |
| P265 | 7530.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 7.51 | 6.72 | 14.23 | 426.856 | 557193.972 |
| P266 | 7560.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 5.00 | 4.25 | 9.25 | 277.506 | 557471.478 |
| P267 | 7590.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 4.47 | 3.50 | 7.97 | 239.007 | 557710.485 |
| P268 | 7620.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1467510.378 | 2.95 | 2.27 | 5.22 | 156.652 | 557867.137 |
| P269 | 7650.000 | 30.000 | 0.39 | 0.39 | 0.78 | 23.425 | 1467533.802 | 0.38 | 0.37 | 0.75 | 22.569 | 557889.706 |
| P270 | 7680.000 | 30.000 | 3.80 | 3.94 | 7.74 | 232.297 | 1467766.100 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.008 | 557890.714 |
| P271 | 7710.000 | 30.000 | 5.39 | 6.26 | 11.65 | 349.619 | 1468115.719 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.009 | 557891.723 |
| P272 | 7740.000 | 30.000 | 6.66 | 7.90 | 14.57 | 437.030 | 1468552.749 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.024 | 557892.747 |
| P273 | 7770.000 | 30.000 | 9.71 | 11.24 | 20.95 | 628.563 | 1469181.312 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.996 | 557893.744 |
| P274 | 7800.000 | 30.000 | 12.02 | 12.90 | 24.91 | 747.448 | 1469928.760 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.024 | 557894.768 |
| P275 | 7830.000 | 30.000 | 14.75 | 16.63 | 31.38 | 941.537 | 1470870.297 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.002 | 557895.769 |
| P276 | 7860.000 | 30.000 | 16.84 | 18.35 | 35.19 | 1055.606 | 1471925.904 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.011 | 557896.780 |
| P277 | 7890.000 | 30.000 | 17.91 | 19.93 | 37.83 | 1135.005 | 1473060.909 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.993 | 557897.773 |
| P278 | 7920.000 | 30.000 | 15.77 | 16.46 | 32.23 | 966.862 | 1474027.771 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.035 | 557898.808 |
| P279 | 7950.000 | 30.000 | 13.93 | 14.02 | 27.95 | 838.632 | 1474866.404 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.023 | 557899.830 |
| P280 | 7980.000 | 30.000 | 11.87 | 12.28 | 24.15 | 724.448 | 1475590.852 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.020 | 557900.850 |
| P281 | 8010.000 | 23.810 | 9.57 | 10.05 | 19.62 | 467.056 | 1476057.908 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.811 | 557901.661 |
| P282 | 8027.620 | 15.000 | 8.99 | 9.39 | 18.38 | 275.669 | 1476333.577 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.512 | 557902.172 |
| P283 | 8040.000 | 21.190 | 8.71 | 9.06 | 17.77 | 376.573 | 1476710.149 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.724 | 557902.896 |
| P284 | 8070.000 | 30.000 | 8.16 | 8.50 | 16.66 | 499.842 | 1477209.991 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.019 | 557903.915 |
| P285 | 8100.000 | 30.000 | 7.15 | 7.73 | 14.88 | 446.416 | 1477656.407 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.020 | 557904.936 |
| P286 | 8130.000 | 30.000 | 6.42 | 6.90 | 13.33 | 399.799 | 1478056.207 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.026 | 557905.962 |
| P287 | 8160.000 | 30.000 | 6.94 | 6.94 | 13.88 | 416.437 | 1478472.644 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.029 | 557906.991 |
| P288 | 8190.000 | 30.000 | 7.53 | 7.53 | 15.06 | 451.723 | 1478924.367 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.026 | 557908.017 |
| P289 | 8220.000 | 30.000 | 7.24 | 7.47 | 14.71 | 441.321 | 1479365.688 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.006 | 557909.023 |
| P290 | 8250.000 | 30.000 | 3.78 | 4.61 | 8.39 | 251.764 | 1479617.452 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 1.027 | 557910.050 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|------|------|--------|-------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| P291 | 8280.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 2.44 | 1.91 | 4.35 | 130.573 | 558040.623 |
| P292 | 8310.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 8.33 | 7.48 | 15.81 | 474.200 | 558514.823 |
| P293 | 8340.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 13.62 | 12.62 | 26.25 | 787.373 | 559302.196 |
| P294 | 8370.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 13.30 | 12.79 | 26.09 | 782.672 | 560084.869 |
| P295 | 8400.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 12.86 | 12.28 | 25.14 | 754.089 | 560838.957 |
| P296 | 8430.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 13.37 | 12.42 | 25.79 | 773.782 | 561612.740 |
| P297 | 8460.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 11.15 | 10.45 | 21.60 | 647.946 | 562260.685 |
| P298 | 8490.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 6.36 | 6.33 | 12.68 | 380.474 | 562641.159 |
| P299 | 8520.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 3.47 | 3.54 | 7.01 | 210.267 | 562851.426 |
| P300 | 8550.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 4.51 | 4.15 | 8.66 | 259.860 | 563111.286 |
| P301 | 8580.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 6.78 | 6.23 | 13.02 | 390.537 | 563501.823 |
| P302 | 8610.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 8.62 | 7.87 | 16.48 | 494.504 | 563996.327 |
| P303 | 8640.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 8.63 | 7.93 | 16.56 | 496.762 | 564493.089 |
| P304 | 8670.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 8.95 | 8.03 | 16.98 | 509.369 | 565002.459 |
| P305 | 8700.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 9.70 | 8.87 | 18.57 | 557.141 | 565559.599 |
| P306 | 8730.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 9.77 | 9.07 | 18.85 | 565.427 | 566125.027 |
| P307 | 8760.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 9.87 | 9.39 | 19.26 | 577.662 | 566702.688 |
| P308 | 8790.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 12.11 | 11.48 | 23.60 | 707.908 | 567410.596 |
| P309 | 8820.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 13.39 | 13.92 | 27.31 | 819.205 | 568229.801 |
| P310 | 8850.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 13.10 | 13.57 | 26.66 | 799.894 | 569029.695 |
| P311 | 8880.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 9.27 | 8.32 | 17.59 | 527.818 | 569557.513 |
| P312 | 8910.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 5.33 | 4.63 | 9.96 | 298.821 | 569856.334 |
| P313 | 8940.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 4.61 | 2.89 | 7.50 | 224.983 | 570081.317 |
| P314 | 8970.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 6.08 | 4.00 | 10.08 | 302.387 | 570383.704 |
| P315 | 9000.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 5.56 | 4.00 | 9.56 | 286.688 | 570670.391 |
| P316 | 9030.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479617.452 | 3.70 | 2.67 | 6.36 | 190.908 | 570861.299 |
| P317 | 9060.000 | 18.767 | 0.00 | 0.44 | 0.44 | 8.250 | 1479625.702 | 1.94 | 0.86 | 2.80 | 52.518 | 570913.817 |
| P318 | 9067.535 | 15.000 | 0.00 | 0.58 | 0.58 | 8.697 | 1479634.399 | 2.01 | 0.67 | 2.68 | 40.133 | 570953.950 |
| P319 | 9090.000 | 26.233 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479634.399 | 5.25 | 4.19 | 9.44 | 247.721 | 571201.671 |
| P320 | 9120.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479634.399 | 13.54 | 11.94 | 25.49 | 764.551 | 571966.223 |
| P321 | 9150.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479634.399 | 11.01 | 11.07 | 22.08 | 662.374 | 572628.596 |
| P322 | 9180.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479634.399 | 3.92 | 3.47 | 7.39 | 221.640 | 572850.236 |
| P323 | 9210.000 | 30.000 | 0.72 | 2.43 | 3.15 | 94.515 | 1479728.914 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 1.424 | 572851.660 |
| P324 | 9240.000 | 30.000 | 0.69 | 2.45 | 3.13 | 94.033 | 1479822.947 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 1.598 | 572853.258 |
| P325 | 9270.000 | 22.061 | 0.00 | 0.91 | 0.91 | 19.965 | 1479842.913 | 0.55 | 0.04 | 0.59 | 13.020 | 572866.278 |
| P326 | 9284.121 | 15.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 1.76 | 1.07 | 2.83 | 42.496 | 572908.773 |
| P327 | 9300.000 | 22.939 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 3.45 | 3.02 | 6.47 | 148.352 | 573057.126 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------|--------|------|------|-------|---------|-------------|-------|-------|--------|----------|------------|
| P328 | 9330.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 10.88 | 10.75 | 21.63 | 648.824 | 573705.949 |
| P329 | 9360.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 23.37 | 23.73 | 47.10 | 1412.894 | 575118.843 |
| P330 | 9390.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 39.89 | 39.44 | 79.33 | 2379.828 | 577498.672 |
| P331 | 9420.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 57.17 | 55.25 | 112.42 | 3372.667 | 580871.339 |
| P332 | 9450.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 70.21 | 68.07 | 138.29 | 4148.630 | 585019.969 |
| P333 | 9480.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 72.89 | 71.27 | 144.15 | 4324.580 | 589344.549 |
| P334 | 9510.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 76.21 | 74.82 | 151.03 | 4530.876 | 593875.425 |
| P335 | 9540.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 73.23 | 70.69 | 143.92 | 4317.676 | 598193.101 |
| P336 | 9570.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 70.88 | 66.35 | 137.23 | 4116.979 | 602310.080 |
| P337 | 9600.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 66.39 | 64.27 | 130.66 | 3919.654 | 606229.735 |
| P338 | 9630.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 60.19 | 57.63 | 117.82 | 3534.673 | 609764.408 |
| P339 | 9660.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 54.62 | 51.81 | 106.43 | 3192.958 | 612957.366 |
| P340 | 9690.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 44.84 | 43.50 | 88.34 | 2650.316 | 615607.682 |
| P341 | 9720.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 32.27 | 30.33 | 62.60 | 1878.079 | 617485.760 |
| P342 | 9750.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 17.64 | 15.32 | 32.95 | 988.567 | 618474.328 |
| P343 | 9780.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 11.45 | 10.01 | 21.46 | 643.791 | 619118.119 |
| P344 | 9810.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 6.64 | 5.61 | 12.26 | 367.739 | 619485.858 |
| P345 | 9840.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 3.29 | 2.41 | 5.70 | 170.995 | 619656.853 |
| P346 | 9870.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 7.88 | 6.08 | 13.96 | 418.678 | 620075.531 |
| P347 | 9900.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 11.84 | 9.32 | 21.16 | 634.870 | 620710.402 |
| P348 | 9930.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 10.62 | 8.99 | 19.61 | 588.449 | 621298.851 |
| P349 | 9960.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 7.62 | 7.46 | 15.07 | 452.210 | 621751.061 |
| P350 | 9990.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 5.98 | 7.23 | 13.21 | 396.257 | 622147.318 |
| P351 | 10020.000 | 30.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 1479842.913 | 1.55 | 2.46 | 4.01 | 120.412 | 622267.730 |
| P352 | 10050.000 | 29.637 | 4.26 | 2.89 | 7.16 | 212.131 | 1480055.043 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.984 | 622268.714 |
| P353 | 10079.273 | 14.637 | 6.81 | 6.42 | 13.23 | 193.658 | 1480248.702 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.494 | 622269.207 |

4. Quantité des matériaux

| Nom du matériau | Quantité |
|-----------------|-------------------------|
| Ballast | 21946.61 m ³ |
| Sous- Ballast | 13566.70 m ³ |
| Couche de forme | 21347.90 m ³ |