

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Travaux Publics

Option : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Présenté par : KHADRAOUI NASSIM & AZEDINE CHIREZ

**Thème : Etude de dédoublement, modernisation et
rectification du tracé ferroviaire de la ligne minière Est
Bouchegouf – Drean sur environ 30 km**

Sous la direction de : Dr. BOUTELDJA FATHE

2023/2024



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



{ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا }



REMERCIEMENT

Avant de commencer ce mémoire, nous tenons à remercier Allah, le tout puissant, qui nous a donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nous gratitude et nous remerciements pour toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

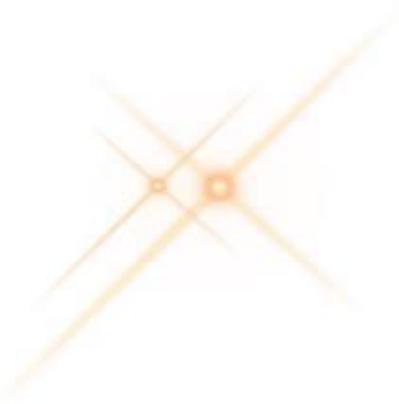
En premier lieu Mr. BOUTELJA FATHE notre encadrant, pour les remarques et suggestions qui nous permis de l'améliorer. Nous le remercions pour leurs précieux conseils et orientations, c'est un grand honneur pour nous.

Nous tenons à remercier tous les enseignants, et a tous ceux Qui ont Contribué dans notre formation de près et de loin, depuis les premières Lettres alphabétiques.

Nous tenons aussi à remercier le Président et les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait, en examinant ce travail.

Le groupe de COSIDER TP M48 pour leurs contributions à l'acquisition les données du projet, spécialement : le directeur ADEL AGOUNE, le sous-directeur YUCEF AOUN et les ingénieurs : HOUSSEM, YAAKOUB, MOUHMED et ADEL.

Enfin, nous remercions les responsables de département HIMEUR pour sa Disponibilité, et son affabilité.



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, ma mère FARIDA et mon père KAMEL Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement, Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté.

Aux êtres les plus chers et les plus proches au monde et qui symbolisent le courage et la tendresse, ma sœur AMIRA et mon Frère BIBOU.

Et une dédicace spéciale à mon précieux fiancé ABDERRAHIM MOUHOUB, qui a été le plus grand encouragement pour moi, je lui remercie pour son dévouement, et son soutien moral.

A mes grands-parents : YEMMA AKILA et BABA KHAMISSI.

A mes chères cousines : LINA, BIBA, NOUSSA et WISSAL.

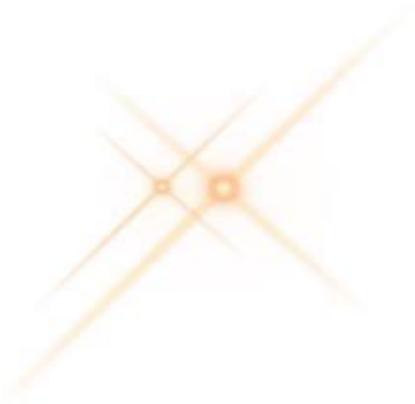
A mes tantes : RADIA, SABRINA, AMANI et AHLLEM.

A mes oncles : MOURAD, YAKIN, WALID, SAMI, SABER et MANO.

A mes amies : ANFEL, IMANE, ROUMAYSSA et DOUNIA.

◦◦ AZEDINE CHIREZ ◦◦





DEDICACE

Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le Tout Puissant de m'avoir donné le courage, la patience et la santé qui m'ont permis de réaliser ce travail que.

Je dédie ce modeste travail à :

*À mes chers parents **ma mère** et **mon père** qui ont été toujours à mes côtés m'ont toujours soutenu.*

*À **ma sœur** et **ma grand-mère** qui n'ont pas cessé d'encourager et nous donnent de l'amour et la vivacité.*

*À mon aimable frère "**Zied**" qui m'a aidé et contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

"Merci"

◦◦ KHADRAOUI Nassim ◦◦



Résumé

Notre projet de fin d'étude est principalement axé sur l'étude de dédoublement, modernisation et rectification du tracé ferroviaire de la ligne minière Est Bouchegouf - Dréan sur environ 30 km.

Ce projet a été réalisé suivant les normes de l'union internationale de chemin de fer (UIC) et les recommandations de la Société nationale de transport ferroviaire (SNTF).

Les logiciels de modélisation et de calcul utilisé dans le projet sont : AutoCAD 2013, Covadis 2013 et Google Earth Pro.

Mots clés : ligne minière Est, dédoublement, modernisation, rectification, Covadis.

Abstract

Our final project was focused on a study of the duplication, modernization and rectification of the East mining railway line between Bouchegouf and Dreaan over about 30 km.

This project was realized according to International Railway Union standards (UIC) and the Algerian national railway company recommendations SNTF.

Modeling software's used in this project are: AutoCAD 2013, Covadis 2013 and Google Earth Pro.

Key words: East mining railway line, duplication, modernization, rectification, Covadis.

ملخص

في إطار برنامج تثنية وعصرنة وتصحيح مسار الخط المنجمي الشرقي بين عنابة وجبل الحدبة على مسافة 422 كلم، يتمحور الهدف الأساسي لمشروعنا في دراسة جزء من هذا الخط الذي يربط بين بوشقوف والذرعان على مسافة تقدر بحوالي 30 كلم.

تم انجاز هذا المشروع بإتباع معايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية، وكذلك التوصيات التي تتبعها الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية.

تتمثل البرامج التي تم من خلالها الحساب والنمذجة لهذا المشروع في خرائط المواقع لقوئل وبرنامج الحوسبة كوفاديس وأوتوكاد.

الكلمات المفتاحية: الخط المنجمي الشرقي، ازدواجية، عصرنة، تصحيح المسار، برنامج الحوسبة كوفاديس.

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE.....	1

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE CHEMIN DE FER

I.1.INTRODUCTION	3
I.2. DEFINITION.....	3
I.3. HISTOIRE.....	3
I.3.1. Historique de chemin de fer dans le monde	3
I.3.2. Historique du chemin de fer en Algérie	4
I.4. LE CHEMIN DE FER APRES L'INDEPENDANCE	6
I.5.RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN.....	8
I.5.1 La rocade ferroviaire nord et ses desserts	8
I.5.2. La rocade ferroviaire des hauts plateaux	8
I.5.3. La ligne minière Est	9
I.5.4. La ligne minière Ouest.....	9
I.5.5. La Pénétrante Est El Gourzi – Hassi Messaoud.....	10
I.5.6. La Pénétrante centre.....	11
I.5.7. Boucle Sud-Ouest et Sud-Est	11
I.6. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU TRANSPORT FERROVIAIRE	12
I.7. ÉTUDES DES VOIES FERROVIAIRES	13
I.8. CONCLUSION	14

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION	15
II.2.LOCALISATION ET CONTEXTE DU PROJET	15
II.3.DESCRPTION DE L'ETAT INITIAL DE LA REGION TRAVERSEE	16
II.3.1.Situation géographique des deux wilayas traversées.....	16
II.3.2. Aspect administratif et population des deux wilayas	17
II.3.3. Infrastructures de bases	18

II.3.4. Relief.....	19
II.3.5. Sismologie régionale	21
II.3.6. Climat de la zone du projet.....	22
II.4. SECTEUR DE L'INDUSTRIE EN RELATION AVEC NOTRE PROJET.....	23
II.4.1. La demande en transport des minerais de fer.....	23
II.4.2. La demande en transport des phosphates	24
II.5. ACTIVITE VOYAGEURS ACTUELLE SUR LA LIGNE MINIERE	26
II.6. LES ACTEURS DU PROJET	26
II.7. DONNEES DU PROJET.....	28
II.8. LOGICIEL COVADIS	29
II.9. CONCLUSION	29

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

III.1. INTRODUCTION	31
III.2. REGLES GENERALES DE CONCEPTION DU TRACE EN PLAN.....	31
III.3. ÉLÉMENTS DE TRACE EN PLAN	31
III.4. PARAMETRES DE CONCEPTION DES ELEMENTS GEOMETRIQUES	32
III.5. DEVERS	33
III.5.1. Dévers théorique.....	33
III.5.2. Dévers pratique (normal)	34
III.5.3. Insuffisance de dévers	34
III.5.4. Excès de dévers	35
III.5.5. Rayon minimum de la courbe circulaire.....	36
III.5.6. Raccordement de dévers (la clothoïde)	36
III.6. APPLICATION POUR NOTRE PROJET	39
III.6.1. Caractéristiques géométriques du tracé existant	40
III.6.2. Rectification du tracé existant et calcul du nouveau axe en plan	49
III.6.3. Vérifications de la conformité des paramètres géométriques du tracé rectifié	53
III.7. CONCLUSION	54

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG ET OUVRAGES D'ART

IV.1. PROFIL EN LONG	55
IV.1.1. INTRODUCTION.....	55
IV.1.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG.....	55
IV.1.3. ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG.....	55
IV.1.4. DECLIVITE MAXIMALE	56
IV.1.5. LONGUEUR MINIMALE DES DECLIVITES.....	57
IV.1.6. RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG	57
IV.1.7. COORDINATION PROFIL EN LONG-TRACE EN PLAN.....	57
IV.2. OUVRAGES D'ART	58
IV.2.1. INTRODUCTION.....	58
IV.2.2. CRITERES DE CHOIX D'UN OUVRAGE D'ART	58
IV.2.3. CROISEMENT AVEC UNE ROUTE	59
IV.2.4. TUNNEL FERROVIAIRE	60
IV.3. APPLICATION POUR NOTRE PROJET	61
IV.3.1. Profil en long.....	61
IV.3.2. Ouvrages d'art	65

CHAPITRE V : INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE ET PROFIL EN TRAVERS

V.1. INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE	66
V.1.1. COUCHE DE BALLAST.....	66
V.1.2. SOUS COUCHE.....	68
V.1.3. LA PLATEFORME.....	69
V.1.4. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISES.....	69
V.1.5. GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE DU SITE DU PROJET	74
V.2. PROFIL EN TRAVERS.....	78
V.2.1. INTRODUCTION.....	78
V.2.2. ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE	78
V.2.3. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS COURANT	81
V.2.4. PROFIL TYPE DE NOTRE PROJET.....	82
V.2.5. CALCUL DES CUBATURES.....	82

CHAPITRE VI: SUPERSTRUCTURE FERROVIAIRE

VI.1. INTRODUCTION	86
VI.2.CONSTITUANTS DE LA SUPERSTRUCTURE FERROVIAIRE	86
VI.2.1. Les rails	87
VI.2.2. Les traverses	92
VI.2.3. Les attaches	94
VI.2.4. Les appareils de voie	98

CHAPIRE VII: GARES FERROVIAIRES

VII.1. INTRODUCTION	101
VII.2. TYPES DES GARES	101
VII.2.1.Gare à marchandise	101
VII.2.2.Gare de triage	102
VII.2.3.Gares de voyageurs.....	102
VII.3. ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE	103
VII.4. INSTALLATIONS DE BASE D'UNE GARE	103
VII.5. AMENAGEMENT DE LA GARE.....	104
VII.5.1.Installations d'une gare à voyageur.....	104
VII.5.2.Installation d'une gare à marchandises	105
VII.6.CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES	105
VII.6.1. Dimensionnement de quai	105
VII.6.2. Déclivité dans les gares	106
VII.6.3. Marge de glissement à l'aval des signaux	106
VII.6.4. Garage franc	107
VII.7. LES GARES DE NOTRE PROJET	107

CHAPITRE VIII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

VIII.1. INTRODUCTION	109
VIII.2.PRINCIPES DE BASE.....	109
VIII.3.SYSTEMES DE SIGNALISATION	109
VIII.4.EVOLUTION DES SYSTEMES DE SIGNALISATION	110
VIII.4.1. Systèmes à blocs	110
VIII.4.2.Systèmes ATP.....	110

VIII.4.3.Systèmes ETRMS.....	111
VIII.5. CONCEPTION DES SIGNAUX [33]	114
VIII.5.1.Signaux de protection	114
VIII.5.2. Signaux de cantonnement.....	116
VIII.5.3.Signaux d'annonce d'arrêt.....	117
VIII.5.4.Signaux d'indication de marche.....	117
VIII.5.5.Signaux de limitations de vitesse.....	118
VIII.5.6.Identification des signaux	122
VIII.6.APPLICATION A NOTRE PROJET.....	123
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	124
CONCLUSION GENERALE.....	134
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
Annexe	

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE CHEMIN DE FER

Figure I. 1: Train à vapeur [3] train à grand vitesse chinois	4
Figure I. 2: Gare de Mokta el Adid et ligne ferroviaire	5
Figure I. 3: Carte du réseau ferroviaire Algérien avant 1942	5
Figure I. 4. Gares ferroviaires de Bône (Annaba) et de Guelma	6
Figure I. 5. Gares de Souk-Ahras et de Tebessa.....	6
Figure I. 6: Organigramme de la SNTF.....	7
Figure I. 7: Rocade nord et ses desserts.....	8
Figure I. 8: Rocade ferroviaire des hauts plateaux	9
Figure I. 9: Ligne minière Est.....	9
Figure I. 10: Pénétrante Ouest.....	10
Figure I. 11: Pénétrante Est	10
Figure I. 12: Pénétrante centre	11
Figure I. 13: Boucle Sud-ouest à gauche et boucles du sud Est.....	11

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Figure II. 1 : Localisation du projet.....	15
Figure II. 2: wilaya de Guelma	16
Figure II. 3: wilaya d'El Taref.....	17
Figure II. 4: carte des pentes de la région traversée.....	20
Figure II. 5: carte sismique de l'Algérie	21
Figure II. 6: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien	22
Figure II. 7: Carte pluviométrique de l'Algérie de la Nord région Est	22

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

Figure III. 1: Eléments géométriques du tracé en plan	32
Figure III. 2 : Définition du Dévers	33
Figure III. 3: Raccordement de dévers selon la SNTF	37
Figure III. 4: Tracé de la ligne ferroviaire existante sur google Earth Pro	40
Figure III. 5: transformation des coordonnées GPS en coordonnées UTM	41
Figure III. 6: Introduction des coordonnées du tracé existant dans COVADIS.....	41
Figure III. 7: Tracé en plan de la ligne ferroviaire existante sur COVADIS	43
Figure III. 8: Tracé en plan sur Google Earth de la ligne ferroviaire réctifiée (en rouge)	49
Figure III. 9: Tracé en plan rectifié de la ligne ferroviaire sur COVADIS (en vert)	50

CHAPITRE IV : Profil en long et ouvrages d'art

Figure IV. 1 : Eléments géométriques du profil en long	56
Figure IV. 2: Valeur de la déclivité en fonction de sa longueur	56
Figure IV. 3: Passage supérieur	59
Figure IV. 4: Passage à niveau	59
Figure IV. 5: Passage inférieur de la route	60
Figure IV. 6: Passage ferroviaire souterrain (tunnel saint Gothard -Suisse)	60

Figure IV. 7: Profil en long de la ligne ferroviaire dessiné sur COVADIS	62
--	----

CHAPITRE V : INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE ET PROFIL EN TRAVERS

Figure V. 1 : Différentes couches d'assises d'une plateforme ferroviaire	66
Figure V. 2: Profil en travers type SNTF	80
Figure V. 3: profil en travers courant	81
Figure V. 4: Profil en travers (déblai)	83
Figure V. 5: Profil en travers (remblais)	83
Figure V. 6: profil en travers (mixte)	84
Figure V. 7: Eléments du profil en travers d'une ligne à double voies	85

CHAPITRE VI : SUPERSTRUCTURE FERROVIAIRE

Figure VI. 1: Constituants de la superstructure de la voie ferrée.....	86
Figure VI. 2: Rail de type Vignole	87
Figure VI. 3: Rail type gorge.....	88
Figure VI. 4: L'écartement standard des rails	88
Figure VI. 5: assemblage des rails par éclissage	89
Figure VI. 6: Soudure électrique des LRS.....	90
Figure VI. 7: Soudure des LRS	90
Figure VI. 8: Cas d'un rail avarié	91
Figure VI. 9: Cas d'un rail fissuré	91
Figure VI. 10: .cas d'un rail rompu	92
Figure VI. 11: Vois avec travers en bois.....	92
Figure VI. 12: Travers métalliques	93
Figure VI. 13: Travers en béton armé Bibloc	93
Figure VI. 14: traverse béton armé Monobloc	94
Figure VI. 15: Attaches sur traverses en bois type Crampons	95
Figure VI. 16: Attaches sur traverses en bois-type tirefond	95
Figure VI. 17: Attaches sur traverses métallique	95
Figure VI. 18: Fixation par crapaud élastique	96
Figure VI. 19: Fixation Fastclip Type Pandrol DEE SD	96
Figure VI. 20: Fixation Fastclip Type Pandrol DFF-ADH	97
Figure VI. 21: L'attache de type NABLA	97
Figure VI. 22: Appareil de vois -système de branchement simple	98
Figure VI. 23: Branchement symétrique de deux	99
Figure VI. 24: Branchement double	99

CHAPIRE VII : GARES FERROVIAIRES

Figure VII. 1 : Gare marchandise du complexe d'El Hadjar Annaba	101
Figure VII. 2: Gare triage	102
Figure VII. 3: Gare terminus d'Alger.....	103
Figure VII. 4: Photos de gare de passage et passerelle entre quais	103
Figure VII. 5: Composantes d'une gare	104
Figure VII. 6: Schéma de la marge de glissement	106

Figure VII. 7: Garage franc	107
Figure VII. 8: Les dessin des gares et haltes de notre projet.....	108

CHAPITRE VIII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

Figure VIII. 1 : Voie divisée en sections	110
Figure VIII. 2: Evolution de la signalisation.....	111
Figure VIII. 3: ETCS niveau 1	112
Figure VIII. 4: ETCS niveau 2	113
Figure VIII. 5: ETCS Niveau 3.....	114

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Tableau II. 1: Découpage administratif de la wilaya de Guelma	17
Tableau II. 2: Daïra et communes de la wilaya d'El Taref	18
Tableau II. 3: Débits max calculés pour la ligne ferroviaire entre Bouchegouf et Dréan	23
Tableau II. 4: Récapitulatif des Flux par produit.....	25
Tableau II. 5: Estimation du trafic ferroviaire (moyens de locomotion) pour le transport marchandises	26

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

Tableau III. 1 : Valeurs limites du dévers pratique	34
Tableau III. 2: Valeurs limites de l'insuffisance de dévers	35
Tableau III. 3: Valeurs limites de l'excès de dévers	36
Tableau III. 4: Longueur minimale à respecter pour la clothoïde	37
Tableau III. 5: Valeurs limites universelles du gauche	38
Tableau III. 6: Valeurs limites de variation d'insuffisance de dévers	38
Tableau III. 7: Vérification des paramètres géométriques du tracé rectifié	53

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG ET OUVRAGES D'ART

Tableau IV. 1 : Valeurs de la longueur minimale des éléments	57
Tableau IV. 2: Valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter	57
Tableau IV. 3: Liste des ouvrages d'art pour notre projet	65

CHAPITRE V : INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE ET PROFIL EN TRAVERS

Tableau V. 1: Les épaisseurs de ballast	66
Tableau V. 2: Différentes classes de qualité des sols support (UIC 719R)	70
Tableau V. 3: Classification de la qualité des sols (UIC 719R)	71
Tableau V. 4: Classification de portance des plateformes selon UIC719	72
Tableau V. 5: Epaisseurs minimales des plateformes.....	73
Tableau V. 6: Caractéristiques géotechniques de l'Argile Limoneuse.....	75
Tableau V. 7: Caractéristiques géotechniques de Grés en section des tunnels.....	75
Tableau V. 8: Caractéristiques géotechniques de Colluvion	76
Tableau V. 9: Caractéristiques géotechniques de Sable et sable argileux.....	76
Tableau V. 10: Caractéristiques géotechniques de Marne	76
Tableau V. 11: Caractéristiques géotechniques de l'alluvion	76
Tableau V. 12: les volumes des déblais et remblais des terrassements.....	83
Tableau V. 13: Les volumes des couches d'assises	84
Tableau V. 14: Les volumes des débalais des tunnels 1 et 2.....	84

CHAPIRE VII : GARES FERROVIAIRES

Tableau VII. 1: Caractéristiques géométriques de quai (normes SNTF)	105
Tableau VII. 2: Les déclivités dans les gares (selon UIC 741)	106
Tableau VII. 3: Installation des gares et haltes.....	107

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le chemin de fer est un moyen efficace de transport de passagers et de marchandises sur de longues distances. Il renforce les liens et rapproche les distances entre les villes et les régions, ce qui favorise la croissance économique, sociale et le développement des infrastructures.

En Algérie, le réseau ferroviaire connaît actuellement une intention particulière des autorités nationale afin de soutenir la croissance et développer l'économie. Plusieurs travaux de modernisation du réseau ferré sont en cours de réalisation afin d'augmenter la vitesse des trains et la charge sur les lignes existantes, ce qui améliorera la qualité des services fournis aux passagers et renforcera les capacités de transport dans les différentes régions du pays.

En plus de leur impact économique, les lignes ferroviaires créent des nouveaux postes d'emploi directs et indirects, tant dans le secteur du transport lui-même que dans des domaines annexes tels que la maintenance et la logistique. Ils permettent également le développement du tourisme intérieur en encourageant la circulation entre les villes et les destinations touristiques.

L'Algérie a entrepris depuis plus d'une décennie la mise en œuvre d'une nouvelle stratégie de modernisation et de développement des chemins de fer à l'échelle nationale, dans le but de relier plusieurs régions au réseau national de chemins de fer et de réduire les temps de trajet. Cela comprend la modernisation de la ligne minière Est du chemin de fer, qui s'étend d'Annaba Bled El-Hadba (Tebessa) sur une distance de 422 kilomètres traversant plusieurs villes. Le dédoublement, la rectification et la modernisation de cette ligne de grande importance rentre dans le cadre du grand projet intégré de phosphate à l'extrême l'est du pays. Les travaux de ce projet qui sont divisés en trois sections, connaissent de grands progrès dans la section sud reliant Djebel Onk et oued El Kebrite sur une distance de 176 km. Les travaux du nouveau projet de liaison avec Bled El-Hadba et l'achèvement du contournement de la ville de Tébéssa sur une distante de 66 km, sont également avancés. Le tronçon nord de la ligne minière Est, reliant Annaba et Bouchegouf, sur une distance de 54 km, connaît également une accélération des travaux, notamment en ce qui concerne les travaux d'ouverture du couloir et de construction des ouvrages d'art au niveau d'Annaba, Taref et Guelma.

L'objectif de ce travail est d'étudier le tronçon de cette ligne qui relie Bouchegouf à Dréan sur une distance d'environ 30 kilomètres. L'étude consiste à la rectification et le dédoublement du tracé de la ligne ainsi que sa modernisation par la création de nouvelles gares, électrification, installation de nouveaux équipements et augmentation de la capacité portante de la plateforme ferroviaire. Ce projet après sa réalisation donnera à cette ligne une plus grande fluidité à la circulation des trains voyageurs et marchandises (minerai de fer et phosphate).

Ce mémoire contient huit chapitres :

Dans **le premier chapitre**, nous avons présenté des généralités sur le chemin de fer.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de notre projet.

Le troisième chapitre expose les règles à respecter pour le tracé en plan avec l'application pour notre projet.

Le quatrième chapitre présente le profil en long et les ouvrages d'art proposés pour notre nouveau tracé de la ligne ferroviaire.

Dans le cinquième chapitre, nous avons fait le dimensionnement des différentes couches de la plateforme ferroviaire et le calcul des cubatures.

Dans le sixième chapitre, nous avons présenté les différents éléments constituant la superstructure ferroviaire avec application pour notre projet.

Le septième chapitre est consacré à la modernisation de la ligne ferroviaire par l'implantation de nouvelles gares voyageurs.

Le dernier chapitre présente les différents signaux et le système de communication qui seront utilisés pour la modernisation de la ligne.

CHAPITRE I:

GENERALITES SUR LE CHEMIN DE FER

I.1. INTRODUCTION

Dans ce premier chapitre, nous présentons des généralités sur le chemin de fer. D'abord la définition et la signification du terme chemin de fer est abordée. Puis, un petit historique sur l'histoire de naissance des chemins de fer dans le monde et plus particulièrement dans notre pays l'Algérie est exposée. Par la suite, les avantages et les inconvénients de ce type de moyen de transport sont exposés afin de montrer l'intérêt et les limites du chemin de fer sur le plan technique et socio-économique. De plus, nous présentons une petite bibliographie sur le réseau ferroviaire Algérien dans sa globalité en mettant l'accent sur les lignes existantes et les projets de lignes en cours construction ainsi que les projets futurs.

I.2. DEFINITION

On désigne d'une façon générale sous le nom de chemins de fer des voies munies de rails, sur lesquelles circulent des trains remorqués par des locomotives.

On définit aussi le chemin de fer comme un service public créé pour la satisfaction des besoins du public et des structures industrielles. C'est un système de transport collectif guidé de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture, aux camions et à la congestion des portes des grandes agglomérations. Il permet des déplacements efficaces et reste en pratique le mode de transport terrestre dominant dans plusieurs pays.

Le chemin de fer englobe le métro, le tramway et la voie ferrée [1].

I.3. HISTOIRE

I.3.1. Historique de chemin de fer dans le monde

La première apparition des transports guidés a eu lieu en 1550 en Europe dans les mines en utilisant des barres de guidage en bois avant d'adopter par la suite des rails métalliques. L'idée de faire circuler des charges lourdes sur des rails remonte aux premières exploitations minières. 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. La première voie ferrée construite au monde est apparue en Angleterre en 1825 reliant Stockton et Darlington qui avait comme rôle de transporter seulement du charbon, tout comme d'autres lignes construites dans la même période en Ecosse et Lancashire. Cette dernière a connu en 1803 la mise en service de la première voie ferrée mixte entre Liverpool et Manchester sur 51 km.

A partir de 1840, le chemin de fer connut un développement remarquable dans les pays qui disposaient de charbon, ou qui pouvaient facilement en importer comme l'Europe et les Etats-Unis d'Amérique. Bénéficiant de la révolution industrielle, les grands réseaux ferrés furent construits entre 1830 et 1890. En 1875, un demi-siècle après la naissance des premières voies ferrées, on comptait 129 000 km des lignes aux Etats-Unis et 123 000 km en Europe occidentale. Quelques années plus tard on dénombrait 363 000 km des voies ferrées dans le monde, dont 172 000 km en Europe et 165 000 km aux Etats-Unis. En 1950, ces

dernières étaient desservies par 350 000 km des lignes ferroviaires sur un total de 1,3 millions de km [2].



Figure I. 1: Train à vapeur [3] train à grand vitesse chinois

I.3.2. Historique du chemin de fer en Algérie

C'est l'exploitation du sous-sol du côté ouest de la ville qui a permis la construction du premier tronçon de chemin de fer à Bône. En effet, en 1846, un ancien Directeur des Mines, le Marquis De Bassano, signa l'acte de propriété pour l'exploitation des mines de fer découvertes à Meboudja dans la région ouest, entre Bône et Aïn Mokra. Les usines et le haut-fourneau furent construits à l'Alaliq (6 Km au sud d'Annaba) pour traiter la matière première sur place et ainsi faire de la ville de Bône un centre métallurgique industriel. Dès 1858, afin de faciliter l'acheminement terrestre du minerai, le Marquis de Bassano entrepris la construction d'une voie ferrée (à voie étroite), la première en Afrique du nord. Cette ligne n'avait que 11 Km de long. Depuis sa mise sur les rails, le petit "tortillard" eut son point de terminus sur les vieux quais du port fluvial de la Seybouse. En 1862, la Société Bassano fit faillite et céda ses droits à la compagnie Mokta El Hadid (Maqtaâ El Hadid, littéralement : "coupure du fer", pour désigner "le chemin ou le raccourci à travers le gisement de fer", célèbre amas de fer). Celle-ci avait ensuite obtenu la concession d'un gisement de fer à AïnMokra. Cette mine occupait à elle seule environ 3000 ouvriers (majoritairement italiens). En 1860, la ligne originelle de chemin de fer fut prolongée jusqu'à AïnMokra. En 1865, la société Mokta El Hadid ne tarda pas à se rendre compte que le port de la Seybouse n'était plus suffisant. Elle édifia aussitôt un nouveau quai prolongeant le petit débarcadère construite trois siècles plutôt par les turcs. En 1867, la ligne ferroviaire arrive jusqu'à la darse sud du port et elle est alors longue de 40 Km. C'est ainsi qu'est née, dès 1858, pour les seuls besoins de l'exploitation minière de la région bônoise, la première ligne de chemin de fer en Algérie.

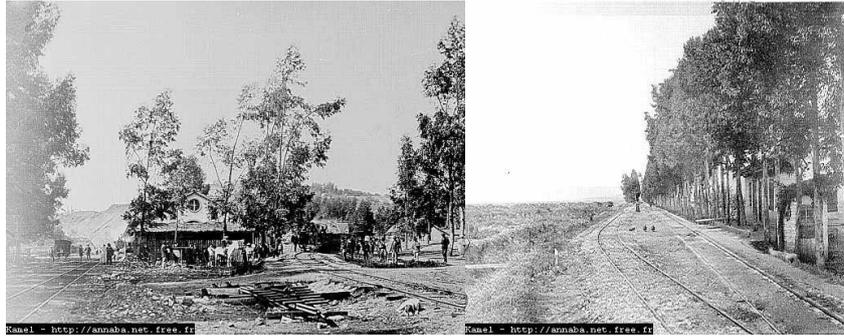


Figure I. 2: Gare de Mokta el Adid et ligne ferroviaire

Par la suite, la ligne Alger-Blida a été réalisée et ouverte en 1862. Plusieurs programmes de construction de chemin de fer ont été réalisés avec un total de 1365 km en 1878 et 3400 km en 1906 puis 6270 km en 1946. La carte fournie ci-dessous illustre l'ensemble du réseau avant 1942.

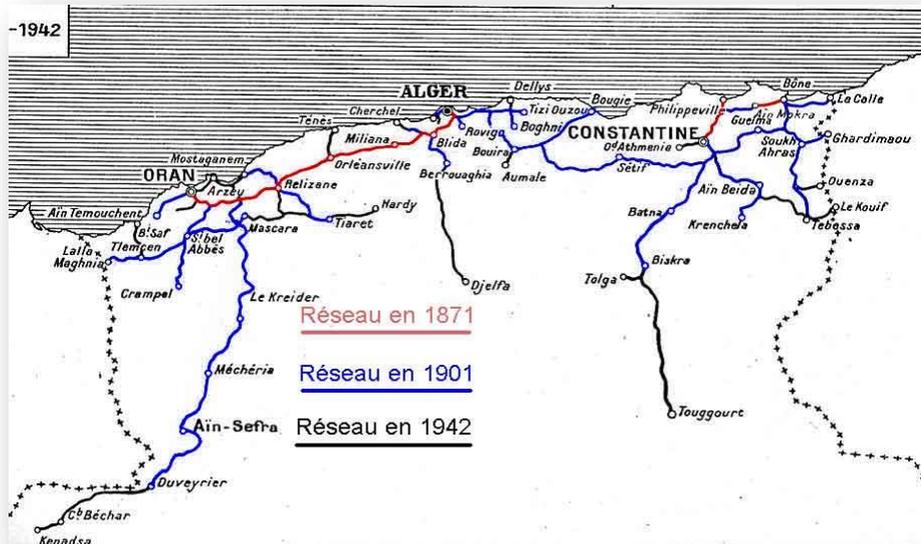


Figure I. 3: Carte du réseau ferroviaire Algérien avant 1942 [4]

Ouvertures des lignes de l'Est Algérien :

- Bône (Annaba)-Duvivier (Boucheouf) (55 km) 1er septembre 1976.
- Duvivier (Boucheouf)-Guelma (33 km) 23 avril 1877.
- Guelma-Le Kroubs (115 km) 19 décembre 1878.
- Duvivier (Boucheouf)-Souk-Ahras (52 km) 20 avril 1882.
- Souk-Ahras-Sidi el Hemessi (53 km) 19 septembre 1884.
- Souk-Ahras à Tébessa mise en service le 27 mai 1888.

Le développement des mines de fer de l'Ouenza et celles de phosphates de chaux du Kouif, imposa de modifier l'écartement de la voie étroite en voie normale, notamment du tronçon Souk-Ahras-Oued Kéberit. Pour des raisons de sécurité (risque d'asphyxie du personnel roulant dans les tunnels) la ligne Bône-Oued Keberit et les embranchements vers l'Ouenza et Le Kouif seront électrifiés à partir de 1922 et terminés en 1939. [5]

Ci-dessous quelques photos des gares de l'Est Algérien.

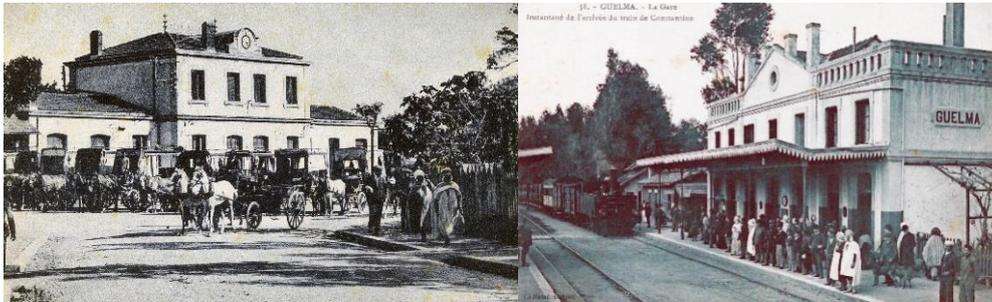


Figure I. 4. Gares ferroviaires de Bône (Annaba) et de Guelma

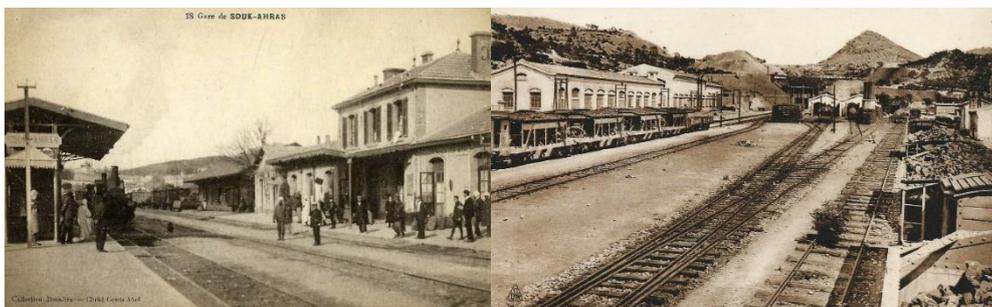


Figure I. 5. Gares de Souk-Ahras et de Tebessa

I.4. LE CHEMIN DE FER APRES L'INDEPENDANCE

Au cours de la période postindépendance, la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) créé en 1976 est chargée jusqu'à présent de l'exploitation et de l'entretien du réseau ferroviaire. La SNTF dispose un parc matériel composée:

- 380 voitures de transport de voyageurs.
- 10129 Wagons de différentes catégories.
- 64 automotrices électriques.
- 17 Autorails Diesel.
- 261 locomotives Diesel.
- 305 locomotives.
- 17 Coradia (train nouvelle génération)

La SNTF assure un trafic ferroviaire annuel de :

- 43 millions de voyageurs
- 4 millions de tonnes de marchandises

Et un effectif total de 10862 et un chiffre d'affaires de : 4 046 944 855.15 DA.

La figure ci-dessous fournit l'organigramme de cette société [4].

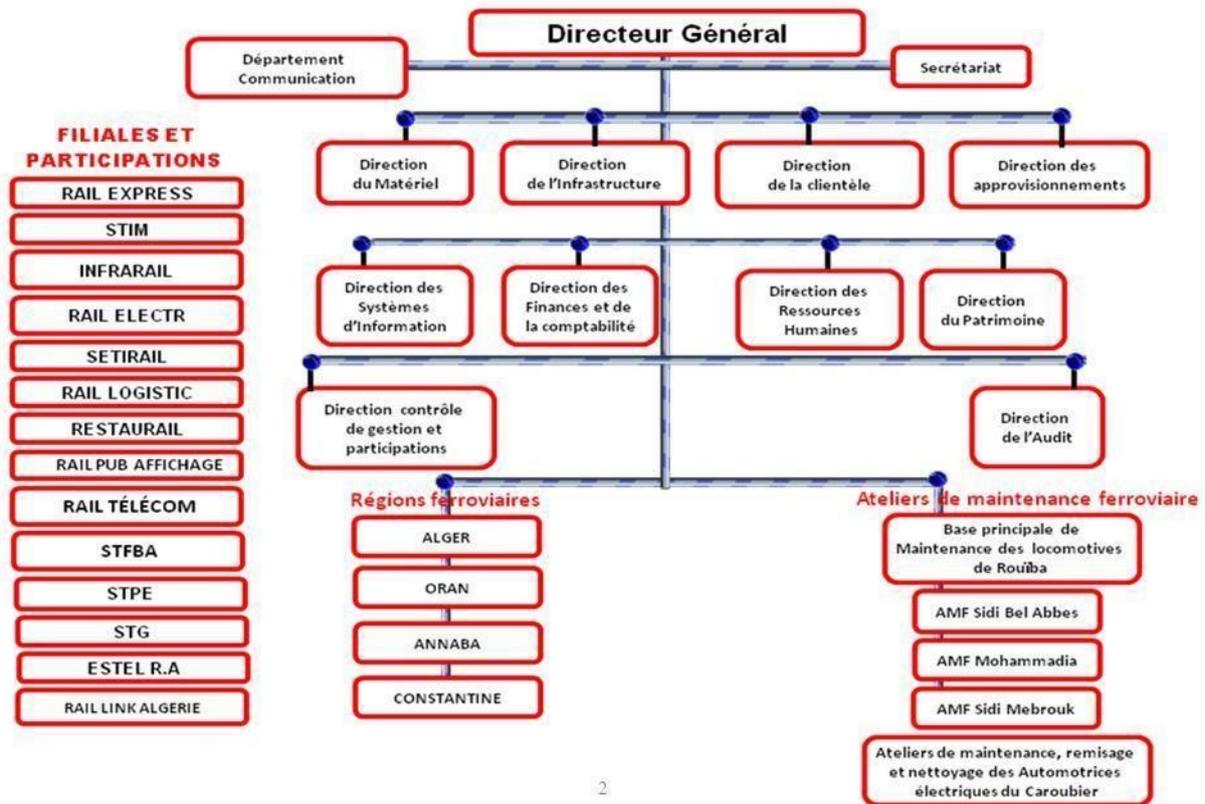


Figure I. 6: Organigramme de la SNTF [4]

Actuellement et de depuis sa création en 2005 et son lancement en 2007, l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (**ANESRIF**) qui travaille sous la tutelle du Ministère des Transports, constitue un outil de management des chantiers ferroviaires, son rôle est de veiller à la bonne réalisation des projets et de s'assurer de leur livraison dans les délais fixés. L'agence a pour principales missions :

- L'étude et le Suivi de la réalisation des investissements ferroviaires,
- Lancer les études et faire mener à terme tous les projets ferroviaires,
- Mener une politique cohérente et efficace en matière de suivi, de contrôle des réalisations de toutes les installations qui entrent dans son domaine d'activités
- Sélectionner les partenaires qui auront à réaliser le programme de modernisation des voies ferrées,
- Étude des projets,
- Confectionner et rédiger les avis d'appels d'offres,
- Sélectionner les candidats,
- Suivre et exécuter les programmes.

L'Agence rassemble les infrastructures, les moyens techniques et les compétences scientifiques et organisationnelles nécessaires à la conception, la préparation et la réalisation des investissements ferroviaires [4].

I.5. RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN

Le réseau ferroviaire national est composé de plusieurs lignes, on peut le résumer en chiffre comme suit :

- Longueur des lignes 4560 km ;
- Lignes en exploitation 4200 km ;
- Lignes à double voies 560 km ;
- Longueur des lignes électrifiées 480 km ;
- Nombre de passages à niveau 1174 ;
- Nombre de tunnels 137 ;
- Nombre d'ouvrages d'art et ouvrages hydrauliques 7800 ;
- Nombre de gare et de haltes 410.

Il existe plusieurs grands ensembles de ligne sur ce réseau qui sont présentés dans ce qui suit.

I.5.1 La rocade ferroviaire nord et ses dessertes

La rocade nord relie les grandes villes du pays, de Annaba à l'Est jusqu'à Oran à l'Ouest en passant par Constantine, Sétif, Alger, Blida, Chlef. Cette rocade constitue l'artère principale des échanges entre les régions actuellement les plus développées du pays avec des rattachements (pénétrantes) la reliant aux ports (9 grands ports) et à diverses villes. Elle traverse au total 22 wilayas englobant une population de 20 millions d'habitants ce qui représentant 43 % de la population et s'étendant sur les 1250 km et englobant 572 km de dessertes (au total 1822 km de linéaire) [7].

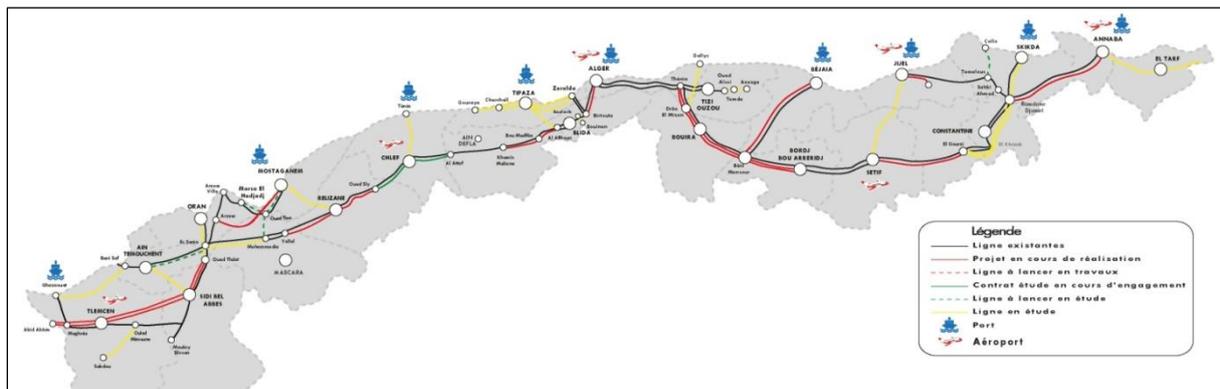


Figure I. 7: Rocade nord et ses dessertes [7]

I.5.2. La rocade ferroviaire des hauts plateaux

C'est une ligne de chemin de fer aux normes modernes, parallèle à celle du nord, traversant la plupart des wilayas des Hauts-Plateaux sur un linéaire de 1162 km, allant de Tébessa de l'extrême frontière Est à Moulay Slissen dans la wilaya de Sidi Bel Abbès à l'extrême ouest. Elle passe à travers 11 wilayas et plusieurs villes (8 millions d'habitants) à savoir Oum Bouaghi, Batna, M'sila, Bougezoul, Tissemsilt, Tiaret et Saida. A ce jour, 944 km de voies ont été mises en service, le reste, soit 100 km reliant Tissemsilt à Freneda en passant

par Tiaret, est en cours de réalisation. Cet axe sera relié à l’axe Nord en complétant la liaison Relizane- Tiaret [7].

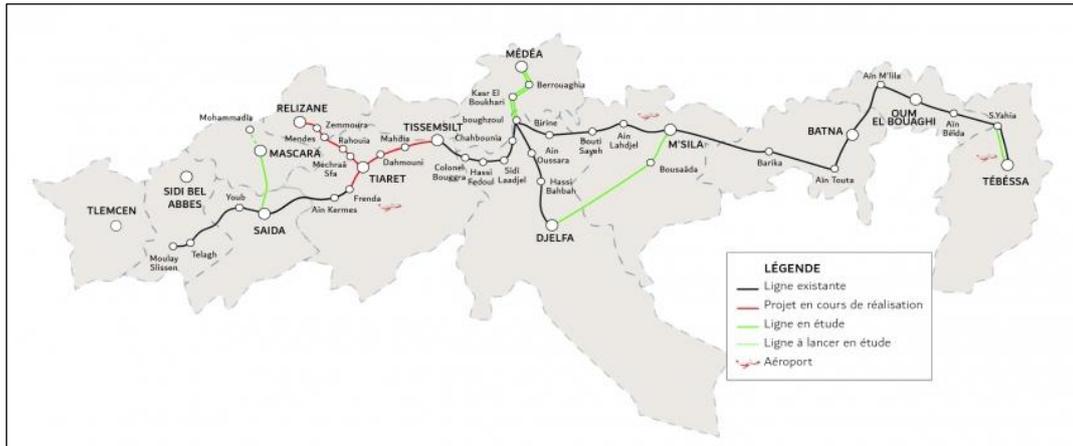


Figure I. 8: Rocade ferroviaire des hauts plateaux [7]

I.5.3. La ligne minière Est

Cette ligne constitue un lien vital entre les mines du sud-est, elle s’étendant d’Annaba aux mines de Djebel el-Onk au sud de Tébessa sur 422 kilomètres. Elle traverse 5 wilayas avec plus d’un million d’habitants. Cette ligne est en cours de modernisation, dédoublement et rectification du tracé de la voie entre Djebel el Onk et Annaba.

Cette ligne dispose de 166 km supplémentaire d’embranchements desservant les gisements miniers de à Ouenza, Boukhadra, kuif et bled elhadba.

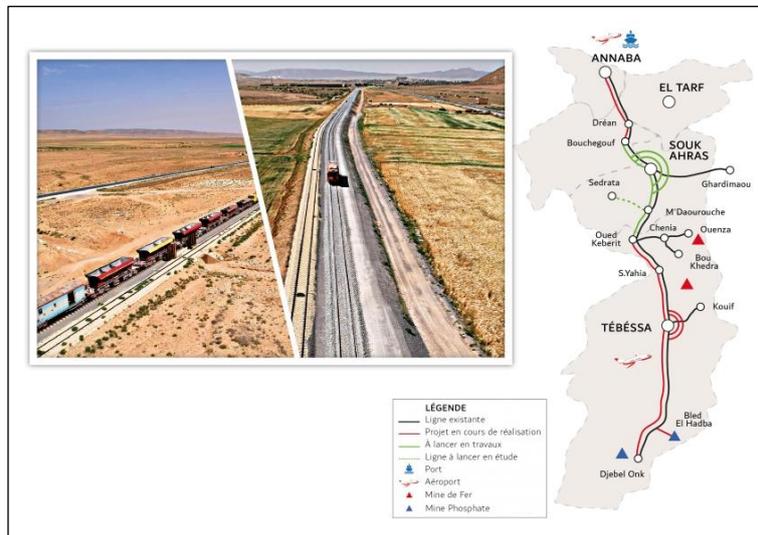


Figure I. 9: Ligne minière Est [7]

I.5.4. La ligne minière Ouest

La ligne minière Ouest part d’Oran (nord) à la mine de fer de Gara Djebilat (sud de Tindouf,) en passant par Sidi Bel Abbés, Naama, Mecheria, Bechar et Tindouf sur un linéaire de 1650 km. La ligne Oran-Bechar (700 km) est en exploitation après avoir subi des travaux

de rénovation et de modernisation et elle a été récemment équipée de systèmes de signalisation et de télécommunication. Quant à la deuxième tranche, les travaux sont en cours de réalisation sur les 950 km reliant Bechar à Tindouf et gara Djebilet.

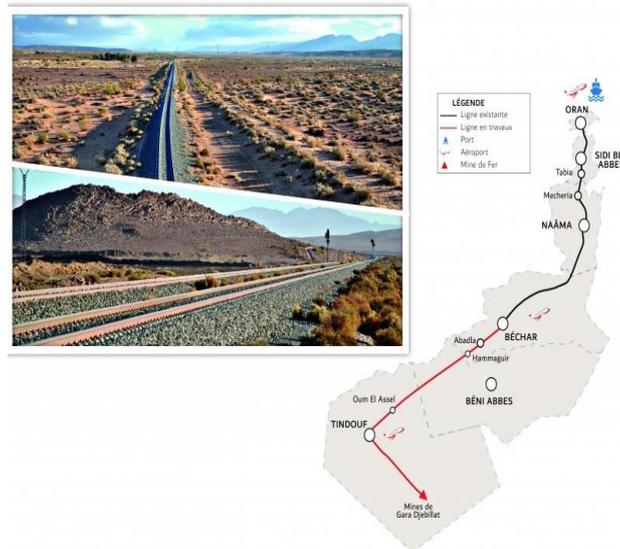


Figure I. 10: Pénétrante Ouest [7]

I.5.5. La Pénétrante Est El Gourzi – Hassi Messaoud

Cette ligne relie le port de Skikda et celui de Djen-Djen au pôle pétrolier de Hassi Messaoud en passant par Constantine, Batna, Biskra et Touggourt sur une distance de 418 km. Son premier tronçon assurant la liaison entre El Gourzi et Touggourt sur une distance de 264 km est déjà en exploitation et a été récemment équipé de systèmes de signalisation et de télécommunication de pointe, tandis que le reste des travaux concernant le deuxième tronçon reliant Touggourt au pôle pétroliers de Hassi Messaoud, connaît un avancement significatif. Cette liaison entre Touggourt et le pôle pétrolier de Hassi Messaoud passe par la ville nouvelle de Hassi Messaoud sur une distance de 154 km, avec des trains pouvant rouler jusqu'à 220 km/h [7].



Figure I. 11: Pénétrante Est [7]

I.5.6. La Pénétrante centre

Il s'agit d'une ligne de chemin de fer transsaharienne, reliant Alger à Tamanrasset en passant par Médéa, Djelfa, Laghouat, Ghardaïa, El Ménéa et In Salah sur une distance de 2039 km, avec des trains atteignant une vitesse de 220 km/h. Dans le cadre de la concrétisation de cette ligne importante, l'ANESRIF a récemment mis en service le tronçon reliant Boughezoul à Laghouat (250 km) en passant par Ain Ouassara, HassiBahbah, Djelfa et Sidi Makhlouf, tandis que les études se poursuivent dans les autres sections (1689 km) [7].



Figure I. 12: Pénétrante centre [7]

I.5.7. Boucle Sud-Ouest et Sud-Est

Ce sont des voies de chemin de fer en boucles, destinées à relier les villes du Sahara Centre avec l'Est et l'Ouest entre elles et au réseau ferroviaire national. La boucle de l'Est allant de Laghouat jusqu'à Touggourt en passant par Ouargla, Ghardaïa et Hassi Messaoud sur une distance de 425 km. La boucle de l'Ouest sur 1500 km de voie ferrée reliera, une fois réalisée, Ghardaïa à Bechar, en passant par El-Ménéaa, Timimoun, Adrar, Béni Abbes. Cette boucle dérivée de la ligne transsaharienne comprend aussi le raccordement de Bordj Badji Mokhtar et les frontières Algéro-maliennes à partir d'Adrar sur les 800 km. Les études pour les lignes constituant ces boucles ferroviaires sont en cours [7].

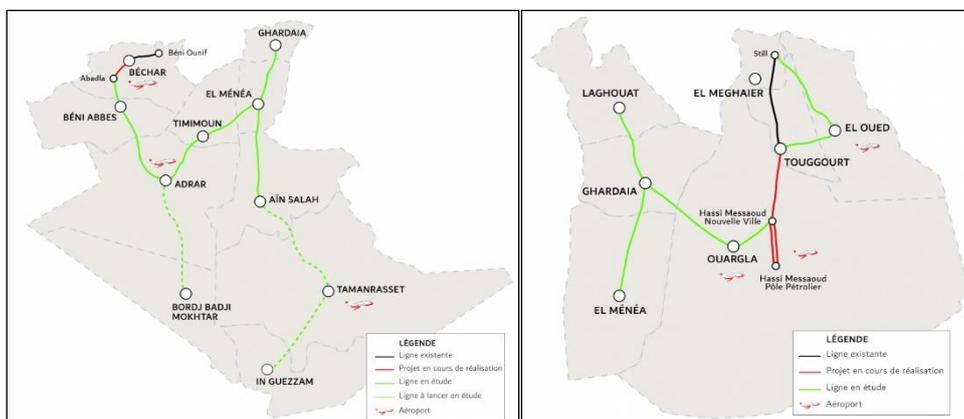


Figure I. 13: Boucle Sud-ouest à gauche et boucles du sud Est [7]

I.6. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU TRANSPORT FERROVIAIRE

Globalement, le transport ferroviaire présente de nombreux avantages, mais il souffre également de certaines limitations. Cependant, il reste un moyen de transport essentiel pour la société. Parmi les avantages on peut citer :

1. **Fiabilité** : Le transport ferroviaire est le mode de transport le plus fiable. Il est moins affecté par les conditions météorologiques telles que la pluie ou le brouillard par rapport aux autres modes de transport.
2. **Organisation** : Le transport ferroviaire est mieux organisé que d'autres formes de transport. Il suit des itinéraires et des horaires fixes, offrant un service plus sûr, uniforme et régulier.
3. **Haute vitesse sur de longues distances** : Le train est rapide sur de longues distances, rivalisant avec les voies aériennes.
4. **Convient aux marchandises volumineuses et lourdes** : Le transport ferroviaire est économique, rapide et adapté au transport de marchandises lourdes sur de longues distances.
5. **Coût abordable** : Comparé à d'autres modes de transport, le train est moins cher. Les coûts opérationnels sont principalement fixes et compétitifs, et le transport ferroviaire est plus économique en termes de main-d'œuvre.
6. **Sécurité** : Le chemin de fer est le moyen de transport le plus sûr, avec des risques d'accidents et de pannes minimales.
7. **Grande capacité** : Les chemins de fer peuvent transporter une charge extrêmement importante, et leur capacité est élastique.
8. **Bien-être public** : Les chemins de fer fournissent de nombreux services publics et sont essentiels pour la société.
10. **Opportunités d'emploi** : Le secteur ferroviaire offre de nombreuses possibilités d'emploi pour les travailleurs qualifiés et non qualifiés.
11. **Environnement** : Le secteur ferroviaire est parmi les méthodes de transport les moins polluantes pour l'environnement car le temps d'attente est négligeable par ce qu'il n'y a pas de problème de circulation.

Pour les **inconvenients** on peut citer :

1. **Investissement en capital élevé** : La construction, l'entretien et les frais généraux des chemins de fer nécessitent un investissement important.

2. **L'infrastructure ferroviaire est insuffisance (limitée)** : le réseau de rail ne couvre pas la totalité du territoire. Cela augmente la dépendance vis-à-vis de la route pour la partie finale du transport. [8]

3. **Moins flexible** : les livraisons sont limitées à des emplacements fixes ce qui rend le temps de transit plus longs.

I.7. ÉTUDES DES VOIES FERROVIAIRES

Pour le développement de nouvelle ligne ferroviaire, le maître d'ouvrage confi les études de maturation à des bureaux d'études spécialisés dans le domaine. Les phases d'étude d'un projet de construction d'une ligne ferroviaire sont essentielles pour garantir la planification, la conception et la réalisation efficaces de l'infrastructure. Voici les principales étapes :

1. Faisabilité :

- **Étude de marché et prévision de demande** : Cette étape consiste à analyser la demande potentielle pour la ligne ferroviaire. On évalue le nombre de passagers et de marchandises qui pourraient utiliser la ligne.
- **Étude technique d'avant-projet sommaire (APS)** : Elle comprend une première évaluation du tracé, des contraintes techniques (pentes, courbes, etc.) et des coûts approximatifs.
- **Étude économique et financière** : On examine les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation, les revenus potentiels et la rentabilité du projet.
- **Étude institutionnelle et juridique** : Cette étape concerne les aspects réglementaires, les autorisations nécessaires et les partenariats avec les parties prenantes.

2. Conception :

- **Énoncé de conception** : On précise les objectifs du projet, les caractéristiques attendues et les contraintes.
- **Études préliminaires** : Elles portent sur l'implantation des gares, les ouvrages d'art, les passages à niveau, etc.
- **Études APS** : L'Avant-Projet Sommaire détaille le tracé, les caractéristiques techniques, les impacts environnementaux, etc.
- **Revue des livrables ferroviaires** : On vérifie que les documents produits respectent les normes et les exigences.

3. Réalisation ou Exécution :

- **Études d'Avant-Projet Détaillé (APD)** : L'Avant-Projet Détaillé précise tous les éléments techniques (géométrie, signalisation, électrification, etc.).
- **Procédures administratives** : Obtention des autorisations, enquête publique, ... etc.
- **Interfaçage des différentes disciplines** : Les équipes travaillent ensemble pour assurer la cohérence du projet.
- **Plans de management** : Gestion des risques, des coûts et des délais.
- **Documents de consultation des entreprises (DCE)** : Ils servent à lancer les appels d'offres pour la construction.

- **Essais, réception et mise en service** : On teste la ligne avant sa mise en exploitation.

Chaque phase est cruciale pour assurer la qualité, la sécurité et l'efficacité de la ligne ferroviaire.

I.8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons exposé une synthèse bibliographique sur l'historique du chemin de fer et son évolution au niveau mondial et national. L'ensemble du réseau ferroviaire Algérien et la stratégie de son développement et modernisation ont été présentés. Les avantages et les inconvénients ainsi que les phases d'étude d'un projet ferroviaire ont été abordés. A travers ce chapitre nous pouvons conclure que le transport est un facteur d'indicateur économique pour les pays, donc le développement du réseau ferroviaire d'un pays est un signe de son développement économique.

CHAPITRE II:

PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION

Depuis plus d'une décennie, l'Algérie a mis en place une stratégie de développement et de modernisation du chemin de fer afin de réduire les temps de parcours des trains sur l'ensemble des lignes, désenclaver de nombreuses régions du pays en les reliant au réseau ferroviaire national existant et augmenter le tonnage de transporter de marchandises à travers le chemin de fer. La modernisation des anciennes lignes ferroviaires notamment la ligne minière Est de Annaba jusqu'à Djebel Onk sur 422 km en passant par Dréan, Bouchegouf, Souk Ahras, Oued Kébrit et Tebessa est aujourd'hui au cœur des objectifs du gouvernement pour faciliter l'exploitation du fer et du phosphate et leur acheminement aux complexes industriels d'Annaba et sur l'ensemble du territoire national. Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'étudier le tronçon du dédoublement, la modernisation et la rectification du tracé de cette grande ligne sur environ 30 km entre Bouchegouf et Dréan.

II.2. LOCALISATION ET CONTEXTE DU PROJET

La ligne ferroviaire étudiée dans ce travail concerne un tronçon de 30 km de la ligne minière Est qui se trouve en grande partie dans le territoire de la wilaya de Guelma entre Bouchegouf et Dréan (Taref). Cette ligne a été conçue pour le transport du minerai de fer des mines de l'Ouenza et de Boukhadraou complexe sidérurgique d'El-Hadjar d'Annaba et le phosphate de la mine d'El-Kouifet du gisement de phosphate du Djebel Onk.

Ce projet rentre dans le cadre du programme de développement du transport ferroviaire de cette ligne stratégique afin d'augmenter ces capacités pour les porter à environ 23 Millions de tonnes.

Ce tronçon touche deux wilayas : Guelma et El Taref, les communes traversées sont : Bouchegouf, Oued Fragma, Chihani, Dréan.

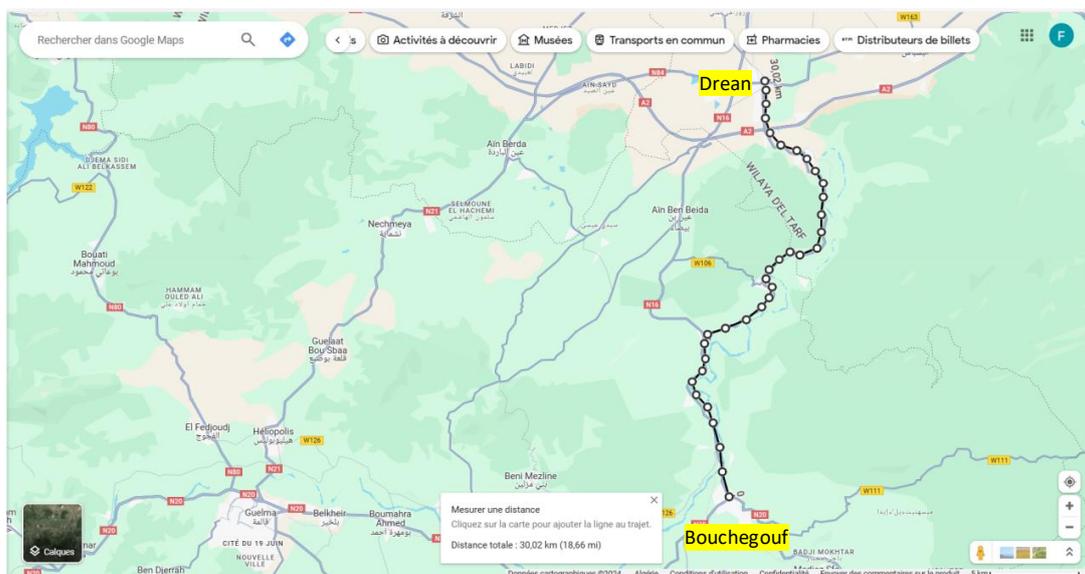


Figure II 1 : Localisation du projet

II.3.DESCRPTION DE L'ETAT INITIAL DE LA REGION TRAVERSEE

II.3.1.Situation géographique des deux wilayas traversées

a) Wilaya de Guelma

La Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km². Elle Guelma est limitrophe aux Wilayas de :

- Annaba, au Nord,
- El Taref, au Nord-est,
- Souk Ahras, à l'Est,
- Oum El-Bouaghi, au Sud,
- Constantine, à l'Ouest, Skikda, au Nord-ouest.



Figure II 2: wilaya de Guelma [11]

b) Wilaya d'El Taref

La wilaya d'El Taref est située à l'extrême Nord-est du pays, limitrophe de la métropole d'Annaba dont elle dépendait jusqu'à sa promotion au rang de wilaya en janvier 1985, elle est réputée pour sa nature généreuse, ses zones humides et son environnement, et elle mérite bien son appellation de "wilaya verte". La wilaya s'étend sur une superficie de 3 339 km² et le Chef-lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'Est de la capitale. Elle est délimitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée,
- À l'est, par la Tunisie,
- Au sud, par la wilaya de Souk- Ahras,
- Au sud-est, par la wilaya de Guelma,

- À l'ouest par la wilaya d'Annaba.



Figure II 3: wilaya d'El Taref [10]

II.3.2. Aspect administratif et population des deux wilayas

La Wilaya de Guelma, créée en 1974, comprend 10 Daïras et 34 Communes (voir la figure en dessous) avec une population totale estimée à 482430 habitants, soit une densité de 131 habitants par km².

Tableau II. 1: Découpage administratif de la wilaya de Guelma [12]

Daïras	Communes	Population (Hab)
Guelma	Guelma - Ben Djerrah	127400
Guelaât Bou Sbaâ	Guelaât Bou Sbaâ - Boumahra Ahmed - Béni Mezline – DjeballahKhemissi - Belkheir - Nechmeya	60452
Boucheougouf	Boucheougouf - Ain Ben Beida - Oued Fragha - MedjezSfa	49794
Oued Zénati	Oued Zénati - Ain Regada - Bordj Sabath	50716
Hammam Debagh	Hammam Debagh - Roknia - Bouhamdane	30537
Héliopolis	Héliopolis - Bouâti Mahmoud - El Fedjoudj	45108
Khezaras	Khezaras - Bouhachana - Ain Sandal	20738
Ain Makhoulouf	Ain Makhoulouf - Ain Larbi- Tamoulouka	38798
Ain Hessainia	Ain Hessainia - Ras El Agba - SellaouaAnnouna - Medjez Amar	20760
Hammam N'Bails	HammamN'Bails - OuedCheham - Dahouara	38128

La wilaya d'El Taref se compose de 7 Daïras et 24 Communes, avec une population totale estimée à 430 000 habitants, soit une densité de 129 habitants par km².

Tableau II. 2: Daïra et communes de la wilaya d'El Taref [12]

Daïras	Communes	Population (Hab)
El Tarf	El Tarf-Aïn El Assel–Bougous- Zitouna	62849
El Kala	El Kala -Souarekh-Raml Souk - El Aioun	46287
Dréan	Dréan-ChbaitaMokhtar-Chihani	70915
Ben Mehidi	Ben Mehidi-Echatt-Berrihane	77245
Besbes	Besbes-Asfour-Zerizer	68852
Bouhadjar	Bouhadjar-AïnKerma-OuedZitoun-HammamBeni Salah	45708
Bouteldja	Bouteldja - Lac des Oiseaux -Chafia	36557

II.3.3. Infrastructures de bases

II.3.3.1. Wilaya de Guelma

▪Réseau routier :

La wilaya de Guelma dispose d'un réseau routier important et diversifié d'une longueur de **2205,54** km dont **299,20** km de Route nationale. La densité routière (tous types confondus) est de **0,49** km/km².

▪Réseau ferroviaire :

Le réseau ferroviaire en service de la Wilaya de Guelma est de **37** Km seulement. Cet axe est celui de la ligne minière Est qui passe à travers le territoire de la wilaya par Bouchegouf. L'axe qui relie Guelma à Bouchegouf n'est pas fonctionnel.

▪AEP et assainissement :

51 Million mP3P d'eaux mobilisables dont :

- Eaux souterraines : 4 sous bassins versants (hydriques) et 997 points d'eau opérationnels totalisant un potentiel total mobilisable de 41 Millions mP3P/an.
- Eaux superficielles : 225 millions mP3P se répartissant comme suit ; barrage de Bouhamdane (220 millions mP3P), barrage de Medjez-Beggar en cours de réalisation (2,86 millions mP3P), un important nombre de retenues collinaires qui nécessitent un effort particulier de curage : 1,578 millions mP3P.

▪Réseau électrique :

La Wilaya de Guelma a connu de grands efforts en matière d'électrification et notamment rurale. Le réseau d'électricité a atteint une longueur de 4608,569 Km-MT/BT et un nombre de poste transformateur (distribution) en service de 1581.

II.3.3.2. Wilaya d'el Taref

▪Réseau routier :

La wilaya dispose d'un réseau routier d'une longueur de 1529 km, composé de :

- 230 km de routes nationales.
- 331 km de chemins de Wilaya.
- 968 km de chemins communaux.

▪Réseau ferroviaire :

Il existe à la wilaya d'El Taref une Gare de voyageur à Dréan. La longueur du réseau ferroviaire qui fait partie de la ligne minière Est est d'environ 24 km.

▪Réseau portuaire :

- Façade maritime : 40 km.
- 1 port de pêche.

▪Réseau énergétique :

- Centrale thermique de 174 MW.
- Réseau de transport électrique haute tension d'une longueur de 2 593 km.
- Conduite de gaz naturel Haute Pression.
- Taux d'électrification : **94%**.
- Taux de raccordement au gaz naturel : **72%**.

▪Réseau hydrique :

- Barrage : 02 Barrages d'une capacité globale de 225 km³ (Mexa et Chefia)
- 62 forages.

II.3.4. Relief

II.3.4.1. Wilaya d'El Taref

Le relief est composé de 3 ensembles : une bande littorale, une zone des plaines sublittorale et une zone méridionale caractérisée par l'existence de reliefs montagneux.

Le tracé passant dans le territoire de la wilaya d'El Taref, se trouve dans la zone de plaines et des bas-piémonts qui regroupe une superficie de 57.000 Ha soit 19% de la surface

totale (ST) de la wilaya. En égard à ses potentialités et à ses facilités d'accès ; cette zone est la plus prédisposée au développement socio-économique et subit une pression démographique induite en grande partie par l'exode des populations rurales.

II.3.4.2. Wilaya de Guelma

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Ce relief se décompose comme suit :

▪ **Montagnes** : 37,82 % dont les principales sont :

- Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 M d'Altitude.
- Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 M d'Altitude.
- Taya (Bouhamdane) : 1.208 M d'Altitude.
- D'bagh (Hammam Debagh): 1.060 M d'Altitude.

▪ **Plaines et Plateaux** : 27,22 %.

▪ **Collines et Piémonts** : 26,29 %.

▪ **Autres** : 8,67 %.

La carte suivante illustre le relief de la zone traversée par le chemin de fer étudié dans ce mémoire. Le tracé passe par la région de Bouchegouf qui se caractérise par un relief fortement montagneux (près de 75%). Cette zone qui est traversée par l'Oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma. Ses montagnes sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Ain Ben Beida (une partie de Houara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma.

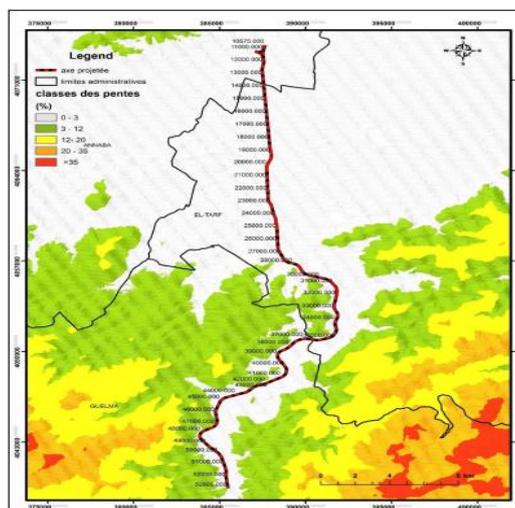


Figure II. 4: carte des pentes de la région traversée [9]

II.3.5. Sismologie régionale

L'Algérie a tout le temps été soumise à une activité sismique intense avec comme résultats des pertes humaines et matérielles importantes dommageables non seulement aux individualités et collectivités locales, mais également au pays tout entier dont elle peut obérer le développement pour un certain nombre d'années. A l'instar des séismes du 10 octobre 1980 de Chlef et celui du 21 mai 2003 de Boumerdes dont nous continuons encore à payer les conséquences aujourd'hui.

Donc pour pouvoir résister à ce phénomène, on doit construire des ouvrages de telle sorte à leur fournir un degré de protection tolérable en répondant aux règles parasismiques Algériennes. Le niveau de risque sismique considéré comme acceptable en Algérie a été établi et intégré dans les prescriptions réglementaires contenus dans le règlement R.P.A. 99 version 2003 (règles parasismiques Algériennes) en considération des deux types de secousses possibles (séisme majeur et séisme modéré) et des groupes d'usage des ouvrages qui sont classés de 0 à 3 en fonction de l'importance décroissante qu'il présente pour la vie économique et sociale de la communauté. Le territoire national est divisé en cinq (5) zones de sismicité :

- ✓ Zone 0 : Sismicité négligeable.
- ✓ Zone 1 : Sismicité faible.
- ✓ Zones 2a et 2b : Sismicité moyenne.
- ✓ Zone 3 : Sismicité élevée.

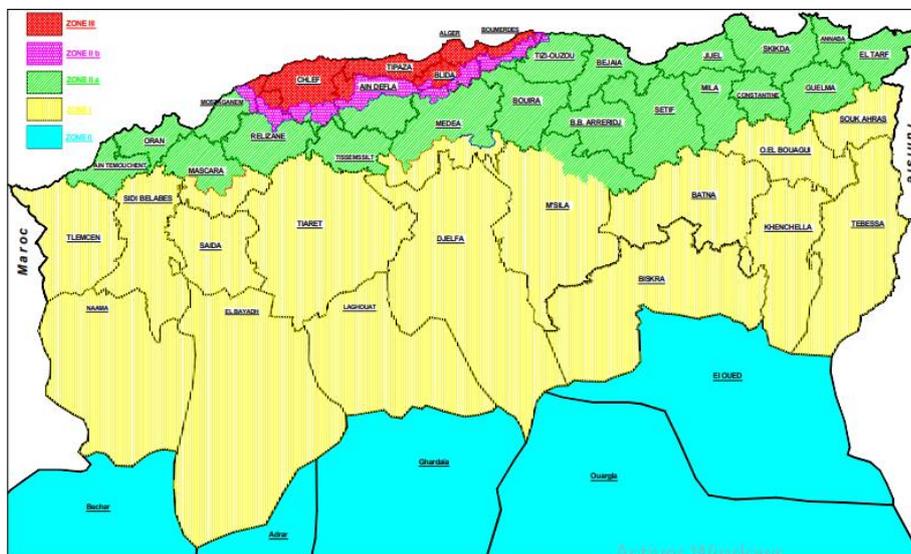


Figure II.5: carte sismique de l'Algérie – RPA2003

✚ Zone sismique occupée par la région d'étude :

Compte tenu des critères de classification, et suite à l'analyse détaillée de la carte sismique de l'Algérie en dessus, la région étudiée est classée dans la **zone sismique 2a**, à Sismicité moyenne.

II.3.6. Climat de la zone du projet

II.3.6.1.Température

La région de l'étude est caractérisée par un climat méditerranéen avec un été chaud et un hiver froid. Les températures moyennes annuelles oscillent entre 15,6°C, 17,6°C et 17,7°C au niveau des stations de Souk Ahras, Guelma et Annaba respectivement, pour la période d'environ 30 ans jusqu'au 2004.

II.3.6.2.Humidité

D'après cette carte la zone d'étude entre Chebaita Mokhtar et Bouchegouf est caractérisée par un climat méditerranéen humide à subhumide ($P > 600$ mm environ).

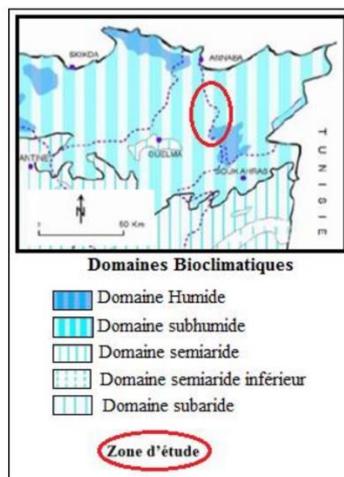


Figure II 6: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien [9]

D'après la carte pluviométrique (Figure ci-dessous), les valeurs des précipitations varient entre 700 mm et 1000 mm pour la zone touchée par le projet de la Ligne Minière, Tronçon Nord : d'Annaba – Bouchegouf.

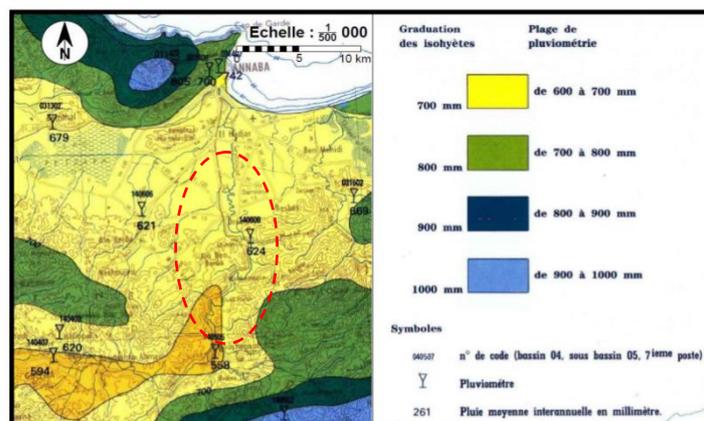


Figure II 7: Carte pluviométrique de l'Algérie de la Nord région Est [9]

Les crues sont très dangereuses pour les ouvrages de génie civil d'une ligne ferroviaire. Pour cela il faut déterminer le débit maximum d'un cours d'eau afin d'éviter les effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Lorsqu'on projette la réalisation d'importants aménagements, on doit déterminer le maximum probable de la crue pour lequel l'ouvrage devra être protégé. La crue max. est caractérisée par :

- Le débit Max ;
- La durée de la crue ;
- Le volume écoulé durant la crue.

Le tableau suivant évalue les débits max des bassins versants aux sites des franchissements les plus importants dans notre projet.

Tableau II. 3: Débits max calculés pour la ligne ferroviaire entre Bouchegouf et Dréan

Abscisse	N° bassin versant	Débit max (m3/s)
0	01	6.22
2755	02	3.36
3161	03	24.42
3212	04	12.24
3821	05	6.19
4448	06	20.61
7128	07	2.51
7632	08	36.26
8360	09	4.17
8781	10	4.41
12445	11	5.29
17725	12	15.03
18289	13	10.45
19570	14	9.23
21261	15	5.54
23372	16	11.92
24770	17	15.11
25890	18	3.89
27955	19	51.05

II.4. SECTEUR DE L'INDUSTRIE EN RELATION AVEC NOTRE PROJET

II.4.1. La demande en transport des minerais de fer

Les prévisions à l'horizon 2025 de production de minerai de fer par les mines d'Ouenza et Bou Khadra sont, d'après le Ministère de l'Energie et des Mines, de 3,5 millions

de tonnes par an. Les réserves des deux mines de fer se situent entre 50 et 88 millions de tonnes. Une augmentation de la production nécessite des investissements en engineering d'exploitation et de nouveaux équipements, estimés à 30 millions.

Les autres marchandises transitant sur la ligne minière consistent en produits sidérurgiques, carburants, céréales, et divers. Les quantités à transporter devraient rester dans la fourchette de 300 à 500 mille tonnes.

Pour transporter 3,5 millions de tonne de minerais de fer vers de complexe sidérurgique d'El Hadjar, on a besoin de près de 7 trains par jour sur la ligne minière Est.

II.4.2. La demande en transport des phosphates

Les phosphates constituent une matière première de base pour la production d'engrais et fertilisants destinés à l'agriculture, et connaissent une forte demande sur le marché national et international. Les phosphates peuvent être commercialisés et exportés sous différentes formes :

- Sous forme de produit minier, et en tant que grains de roche phosphatée ($\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$);
- Sous forme de produit semi-fini, comme l'acide phosphorique (H_3PO_4) ;
- Sous forme de produit fini, en tant qu'engrais phosphatée pour utilisation directe en agriculture, comme le Di-ammonium Phosphate (DAP).

Notre pays exporte environ 1 million de tonnes de phosphates à l'état de matière première (roche phosphatée) par le port d'Annaba, après son extraction de la mine de Djebel Onk et son transport en partie par rail et en partie par route jusqu'au port.

Le Flux des produits des projets de transformation des phosphates devant être transportées par SNTF. Le tableau suivant récapitule les flux des produits qui transite par la ligne minière Est.

Tableau II. 4: Récapitulatif des Flux par produit

Mouvement →		Produits		Etat des produits	Quantité en T/a
DJEBEL ONK	OEK/AOUINET	Phosphate	Marché national	Solide	7 600 000
DJEBEL ONK	PORT ANNABA	Phosphate	Export	Solide	2 400 000
PORT D'ANNABA	OEK/AOUINET	Soufre	Importation	Solide	2 260 000
PORT ANNABA	OUED KEBERIT	Chlorure de potassium	Importation	Solide	330 000
HADJAR SOUD	PORT ANNABA	Engrais granulés	Exportation	Solide	4 200 000
OUED KEBERIT	H. SOUD/PORT	Acide Phosphorique 54%	Marché national	Liquide	3 600 000
OUED KEBERIT	HADJAR SOUD	Acide Sulfurique 98%	Marché national	Liquide	500 000
HADJAR SOUD	PORT ANNABA	AMMONIAC	Exportation	Liquide	370 000
OEK / AOUINET	CENTRE/OUEST	SOP/TSP	Marché national	Solide	400 000
OUED KEBERIT	CENTRE/OUEST	Acide chloridrique 33%	Marché national	Liquide	500 000
AOUINET	CENTRE/OUEST	Aliment bétail DCP/MCP	Marché national	Solide	150 000
Total					22 310 000

Source : Ferphos

Estimations des moyens de locomotion pour le transport des produits des projets de transformation de phosphate et ces dérivés sont présentés dans le tableau suivant. Ce tableau montre qu'il y a un besoin d'environ 40 trains de marchandises par jour et par sens qui vont passer à travers la ligne de notre projet. Le nombre de train par an s'élève à plus de 14 407 pour transporter plus de 21 millions de tonne de marchandises.

Tableau II. 5: Estimation du trafic ferroviaire (moyens de locomotion) pour le transport marchandises

Item	ITINERAIRE		PRODUITS A TRANSPORTER			Tonnage Tonnes / An	Distances En km	Nombre Trains / An	Nombre Trains / Jour
	DE	A							
1	Port d'Annaba	Oued Keberit	Soufre	KCl		2 590 000	170	1 726,67	4,73
2	Djebel Onk	Oued Keberit	Phosphate			7 600 000	150	5 066,67	13,87
3	Oued Keberit	Hadjar Soud	H3PO4	H2S04		4 100 000	200	2 733,33	7,48
4	Aouinet	Port Annaba	H3PO4			500 000	180	333,33	0,91
5	Oued Keberit	Marché National	HCl			500 000	170	333,33	0,91
6	Hadjar Soud	Port Annaba	DAP/MAP	CAN	NH3	5 570 000	45	3713,33	10,18
7	Oued Keberit	Port Annaba	SOP			400 000	-	266,67	0,73
8	Aouinet	Marché National	DCP/MCP	TSP		350 000	-	233,33	0,64
	Totaux					21 610 000		14 406,66	39,45

Source : Ferphos

II.5. ACTIVITE VOYAGEURS ACTUELLE SUR LA LIGNE MINIERE

L'étude du trafic voyageur est considérée comme étant en dehors de la portée de la présente étude. Il est supposé que les dessertes voyageuses actuelles seront maintenues et demeureront sans impact significatif sur la capacité de la ligne. Cependant, des nouvelles gares et haltes seront créés sur la ligne Bouchegouf – Dréan afin de faciliter le transport des habitants des localités de la zones d'étude (voir chapitre 7).

L'offre voyageuse actuelle sur la ligne minière comprend :

- Une desserte banlieue sur la relation : Annaba-Sidi Amar (15 km) ;
- Trois dessertes régionales à l'aide de rames Diesel classiques sur les relations :
 - Annaba-Tébessa (231 km),
 - Annaba-Chihani (commune de la Daïra de Dréan - willaya d'El Tarf) sur 30 km,
 - Souk Ahras-Sidi El Hmissi (à la frontière tunisienne) sur 48km ;
- Une desserte régionale sur la relation Tébessa-Constantine (214 km) à l'aide d'un autorail Diesel, en passant par Oum El Bouaghi, sur la ligne Tébessa-Ain M'Lila.

Le trafic régional de voyageurs sur la ligne minière en 2012 a été de 6,4 millions de voyageurs/km, et a engendré une recette de 7,3 millions de DA, et un produit moyen de 1,14 DA/VK.

II.6. LES ACTEURS DU PROJET

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

- **Maître de l'ouvrage** : Ministère de transport



● **Maître de l'ouvrage délégué** : Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF)



● **Organismes de suivi et de contrôle** :

- Société d'Études Techniques de Sétif (SETS)



- Société Algérienne d'études d'infrastructures (SAETI)



- Société Nationale d'Études et de Réalisation des Projets, Industriels (SIDEM Engineering),



- Laboratoire Central des Travaux Publics (LCTP).



● **Entreprises réalisatrices** :

GROUPEMENT « G.F.B.A » :

- COSIDER Travaux Publies Spa. (MANDATAIRE DU GROUPEMENT),



- COSIDER Ouvrage d'Art Spa,



- INFRAFER Spa,



- INFRARAIL Spa,



- SERO-EST Spa,



- ENGOA spa,



- GCB spa.



II.7. DONNEES DU PROJET

Pour la rectification de notre tracé de chemin de fer, le nouveau tracé est conditionné par les caractéristiques générales de conception suivantes :

- ❖ Ligne a Double voies.
- ❖ Type de Trafic : mixte (voyageurs et marchandises).
- ❖ Vitesse de base :
 - Vitesse maximale pour train voyageurs : 120 km/h.
 - Vitesse maximale des trains marchandises : 80 km/h.
- ❖ Charges à l'essieu :
 - Pour la superstructure est de 20 tonnes.
 - Pour les ouvrages d'art est de 25 tonnes.
- ❖ Écartement standard : 1435 mm.
- ❖ Type de rails : UIC 60.
- ❖ Type de traverses : bi-bloc en béton armé.

II.8. LOGICIEL COVADIS

Pour l'élaboration de notre nouvelle ligne rectifiée de notre tracé ferroviaire, nous avons utilisé le logiciel COVADIS. Ce logiciel fonctionne sous interface de l'AUTOCAD. Il s'agit d'un applicatif de topographie, de terrassement et d'infrastructure VRD (Voirie Réseaux Divers). Il est spécialement dédié aux cabinets de géomètres, aux bureaux d'études, aux entreprises de travaux publics et aux collectivités locales et territoriales.

Il permet de traiter un projet d'infrastructure de sa phase initiale (importation des données du terrain) à sa phase finale (intégration du projet en 3D, plans d'exécution...etc.).

Les étapes à suivre pour élaborer un projet linéaire (route, piste, chemin de fer, oued... etc.) avec « Logiciel COVADIS » sont :

- 1) Charger le fichier de points (levé topographique).
- 2) Calculer le MNT (Modèle Numérique de Terrain) des points chargés.
- 3) Dessiner les courbes de niveau et afficher leurs côtes.
- 4) Dessiner les axes des projets linéaires en question en utilisant les deux commandes AUTOCAD (Polyligne et Raccord) ou en se servant des commandes COVADIS notamment quand il s'agit des axes avec clothoïde.
- 5) Créer des projets à partir des axes dessinés.
- 6) Tabuler les axes des projets.
- 7) Dessiner les profils en long TN des axes dessinés.
- 8) Dessiner les lignes de projets.
- 9) Créer des demi-profil types pour les projets.
- 10) Affecter les demi-profil types pour tous les projets.
- 11) Calculer les projets.
- 12) Visualiser les projets.
- 13) Dessiner les coupes en travers de tous les projets.
- 14) Exporter les listings de calcul de tous les projets.

II.9.CONCLUSION

La ligne minière Est est considérée comme une artère des activités économique de la région Est et de l'Algérie de manière générale. Le dédoublement, la rectification et la modernisation de cette ligne ferroviaire contribue à améliorer la qualité du réseau de transport et facilite le déplacement des biens et des personnes entre Bouchegouf et Dréan ce qui contribue à l'essor économique de cette région.

Le nouveau tracé sera donc redéfini permettant une augmentation de la vitesse des trains à 120 Km/h en voie principale.

Le projet répondra aux objectifs économiques et aux besoins sociaux de la région, et permettra aux voyageurs de raccourcir le temps tout en respectant les réglementations environnementales.

CHAPITRE III: TRACE EN PLAN

III.1. INTRODUCTION

Le tracé en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal. Il est constitué en général d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif. En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

V_{\max} : vitesse des trains rapides (voyageurs).

V_{TM} : vitesse des trains lents (marchandises).

La géométrie du tracé en plan d'une voie ferrée est bordée par certaines contraintes physiques et technologiques :

- La complexité de l'entretien.
- Le confort des voyageurs et la stabilité des véhicules (sécurité).
- La capacité de réaliser certain nombre de formes géométrique en génie civil et à la maintenir dans le temps [13].

III.2. REGLES GENERALES DE CONCEPTION DU TRACE EN PLAN

- Eviter les problèmes de talus.
- Eviter les terrains très plastiques.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droit et respecter la longueur minimale.
- Eviter le franchissement des oueds et des routes afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel en utilisant des courbes de niveau afin d'éviter les terrassements importants [2].

III.3. ÉLÉMENTS DE TRACE EN PLAN

Un tracé en plan est constitué de trois éléments géométriques :

Alignements ($R=\infty$)

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation, il représente le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique (la force centrifuge est nulle).

Les courbes circulaires

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recours au raccordement circulaire ou le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale.

La courbe de raccordement

C'est un élément géométrique qui assure le raccordement entre l'alignement et l'arc de cercle, dont la courbure varie progressivement d'un rayon $R=\infty$ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle. [14]

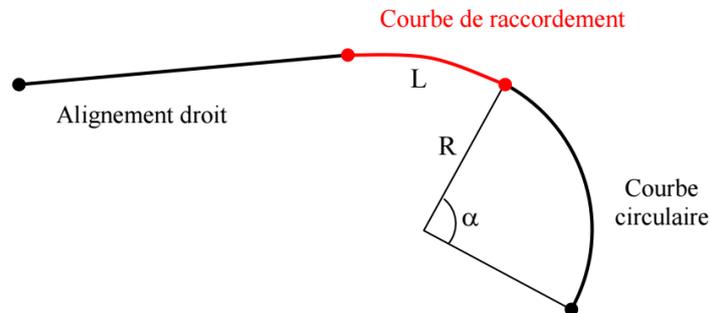


Figure III. 1: Éléments géométriques du tracé en plan [4]

III.4. PARAMETRES DE CONCEPTION DES ELEMENTS GEOMETRIQUES

Les paramètres, pour lesquels le respect de ces valeurs garantit le confort et la sécurité ainsi que l'optimisation du coût de maintenance, sont les suivants :

- ❖ Le dévers et sa variation,
- ❖ L'insuffisance de dévers et sa variation,
- ❖ L'excès de dévers,
- ❖ Le rayon minimum en plan,
- ❖ La longueur des raccordements.
- ❖ Les différentes valeurs limites mentionnées ci-après découlent des caractéristiques de l'armement de la voie, de son état et de sa géométrie, ainsi que de celles du matériel roulant, de sa charge à l'essieu et de sa vitesse. Elles s'appliquent à la conception d'une voie d'armement moderne.

Parmi les paramètres définissant la géométrie du tracé, certains ont été limités afin de respecter les exigences de sécurité, de confort pour les voyageurs et de tenue de la voie. Les valeurs limites suivantes ont été définies :

- **Valeur limite normale:** valeur à ne pas dépasser pour les circulations roulant aux vitesses maximales ou minimales admissibles.
- **Valeur limite exceptionnelle:** c'est une valeur plus défavorable que la valeur limite normale, qui peut être utilisée dans des circonstances exceptionnelles.

Les valeurs limites normales et exceptionnelles conditionneront la définition géométrique du tracé. La marge exceptionnelle d'un paramètre est la différence qui existe entre les valeurs limites exceptionnelles et normales.

Si la valeur d'un quelconque paramètre dépasse la valeur limite normale, il faudra tenir compte des considérations suivantes:

Si un seul paramètre dépasse la valeur limite normale, sa valeur pourra atteindre la valeur limite exceptionnelle.

Si plusieurs paramètres dépassent la valeur limite normale, il sera admis un dépassement maximum de 80 % de la marge exceptionnelle pour le paramètre le plus défavorable alors que les autres paramètres ne devront dépasser cette marge que de 20 %.

Il est recommandé qu'un paramètre ne dépasse pas plus d'une fois la valeur limite normale sur un tronçon de 20 km de long. [16]

III.5. DEVERS

Le dévers est la différence d'altitude entre les deux files de rails en un point de la voie. Une courbe est posée en dévers lorsque la file de grand rayon (rail extérieur à la courbe) est surélevée par rapport à la file petit rayon (rail intérieur à la courbe) et en contre - dévers lorsque la file de petit rayon est surélevée par rapport à l'autre [17]. Ce surhaussement permet de compenser une partie de la force centrifuge qui tend à déporter les trains vers l'extérieur de la courbe circulaire.

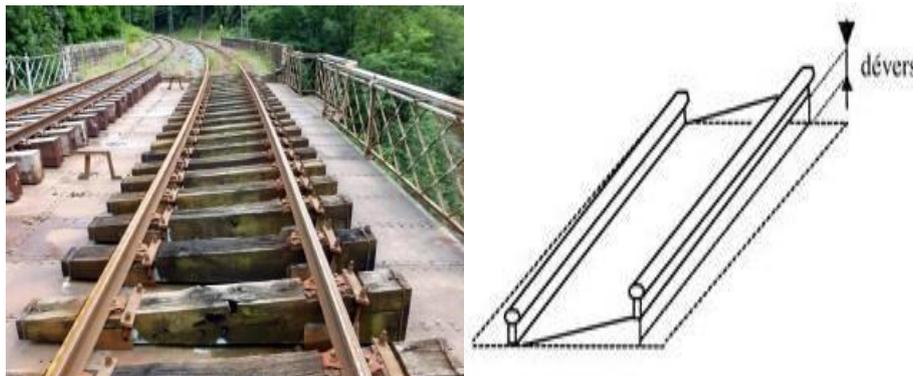


Figure III. 2 : Définition du Dévers [4]

III.5.1. Dévers théorique

Considérons un train circulant à une vitesse constante « V » dans une courbe circulaire de rayon « R ». Le dévers théorique appelé également « dévers d'équilibre » noté « d_{th} » ou « d_v » est donné par :

Pour un écartement de voie : $2e = 1,435\text{m}$

$$d_{th} = d_v = \frac{11,8 * V^2}{R}$$

Pour un écartement métrique : $2e = 1\text{m}$

$$d_{th} = d_v = \frac{8,4 * V^2}{R}$$

d_{th} est exprimé en mm ; V est exprimé en km/h ; R est exprimé en m. [4]

III.5.2. Dévers pratique (normal)

Le dévers réel noté « d » est normalement limité à une valeur inférieure à la valeur théorique ce qui donne une insuffisance de dévers pour les trains les plus rapide, et un excès de dévers pour les trains lents. C'est pour cela qu'on prévoit un dévers moyen (dévers normal) qui tient compte des grandes vitesses ainsi que des vitesses réduites. Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents. La formule du dévers pratique est :

$$d = \frac{1000 \times C}{R} \leq d_{max}$$

C : coefficient du dévers. [4]

Selon la norme **SNTF** pour les voies < 220 Km/h. On peut calculer le coefficient de dévers avec l'expression suivantes :

$$C = 0.006 \times V_{max}^2$$

C : doit être un multiple de 15.

V_{max} : la vitesse du train le plus rapide (voyageurs) exprimé en (km/h). [18]

Les valeurs limites du devers pratique sont présentées dans le tableau ci-dessous : [4]

Tableau III. 1 : Valeurs limites du dévers pratique [4]

Types de voie	Valeur maximale normale	Valeur maximale exceptionnelle
Principale et de circulation	160 mm	180 mm
Service	80 mm	-

La mise en œuvre du dévers pratique permet de :

- Éviter la fatigue excessive de la voie : un devers trop faible pour les circulations rapides conduit à la fatigue de rail extérieur de la courbe. Un devers excessif pour les circulations lentes conduit à la fatigue de rail intérieur,
- Assurer la sécurité en évitant la sortie des trains de la voie à cause d'un devers insuffisant pour les vitesses élevées,
- Assurer un confort satisfaisant aux voyageurs.

III.5.3. Insuffisance de dévers

Lorsque le train les plus rapide emprunte une courbe avec une vitesse plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce train est soumis à une force centrifuge noncompensé. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces

se déplace vers l'extérieur de la courbe. Cette insuffisance de dévers est calculée comme suit :

$$I = d_{th} - d = \frac{11,8 \text{ ou } 8,4 \times V_{max}^2}{R} - d$$

V : Vitesse max des trains (km/h).

R : Rayon de courbe (m).

d : dévers pratique (mm). [19]

La circulation d'un train avec insuffisance de dévers se traduit par la génération de forces transversales non compensées qui ont pour effet :

- de tendre au renversement des trains vers l'extérieur du virage,
- de tendre à déplacer la voie vers l'extérieur de la courbe,
- d'imposer fatigue, voir malaises, aux voyageurs.

Pour limiter ces effets, on adopte une valeur limite pour l'insuffisance de dévers (pour les trains les plus rapides). Ces limites sont présentées dans le tableau suivant : [4]

Tableau III. 2: Valeurs limites de l'insuffisance de dévers [4]

Types de trains	Valeur maximale normale	Valeur maximale exceptionnelle
Train le plus rapide	150 mm	160 mm
Coradia, Autorails et rames automotrices à centre de gravité bas	160 mm	200 mm

III.5.4. Excès de dévers

Lorsque le train les plus lents emprunte une courbe avec une vitesse plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce train est soumis à une force centripète non compensé. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieure de la courbe. Cet excès de dévers noté « E » est calculé comme suit :

$$E = d - d_{th} = d - \frac{11,8 \text{ ou } 8,4 \times V_{TM}^2}{R}$$

V : Vitesse des trains marchandises (km/h).

R : Rayon de courbe (m). [19]

Pour limiter ces efforts, on est conduit à fixer des valeurs limites pour l'excès de dévers. Ces valeurs limites dépendent de l'intensité du trafic quotidien des trains marchandises « T_j » exprimé en (tonne/jour). Elles sont déterminées de la manière suivante :

Tableau III. 3: Valeurs limites de l'excès de dévers [4]

Tj (tonne / jours)	E (mm)	
	Normal	Exceptionnel
≥ 45 000	70	105
≥ 25 000 < 45 000	80	115
≥ 10 000 < 25 000	90	125
< 10 000	100	135

III.5.5. Rayon minimum de la courbe circulaire

La valeur du rayon minimum « R_{min} » d'un tracé ferroviaire est limitée pour assurer, en fonction des vitesses de circulation, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants. Le rayon minimal d'une voie ferrée à trafic mixte est déterminé après le choix des valeurs limites de « I_{max} » et « E_{max} ». Donc le rayon minimum se calcule par l'équation suivante :

$$R_{min} = \frac{11,8 \text{ ou } 8,4 \times (V_{max}^2 - V_{TM}^2)}{I_{max} + E_{max}}$$

Le rayon de courbure des voies principales ne descend pas au-dessous de certaines valeurs :

- Ligne à grande vitesse (LGV) avec $V \geq 250$ km/h : $R_{min} = 4000$ m
- Les lignes classiques nouvelles parcourues à 160km/h : $R_{min} = 1000$ m

A l'approche des gares et pour les voies de service et de circulation où la vitesse est faible, on peut tolérer des courbes de 150m de rayon et exceptionnellement 135m.

III.5.6. Raccordement de dévers (la clothoïde)

Il existe plusieurs types de courbes de raccordement progressif (CRP) mais La clothoïde est la CRP qui sera appliquée dans le tracé de notre projet pour plusieurs raisons :

C'est la CRP idéale en point de vue dynamique.

Elle maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Elle satisfait aux exigences d'esthétique et de confort optique.

L'expression mathématique de la clothoïde est, en choisissant pour des raisons d'homogénéité.

$$A^2 = L_{rp} * R$$

A : Paramètre de la clothoïde ; **L_{rp}**: Longueur de clothoïde(m) ; **R**: Rayon de courbe (m).[13]

III.5.6.1. Longueur minimum des Clothoïdes

Afin de faciliter le roulement et adoucir le roulis des wagons de train, des longueurs minimales dans les courbes de raccordement progressives (clothoïdes) doivent respectées les valeurs limites suivantes.

Tableau III. 4: Longueur minimale à respecter pour la clothoïde [16]

Valeur limite normale L_{rp} (m)	$V/2$
Valeur limite exceptionnelle L_{rp} (m)	$V/3$
Vitesse : exprimée en (km/h).	

III.5.6.2. Dévers dans la clothoïde

Le passage d'un dévers nul en alignement à un dévers prévu en pleine courbe doit se faire d'une façon progressive. Cette progression se fait sur une longueur appelée « rampe de dévers ». La variation de dévers par unité de longueur est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie, cette variation est accompagnée aussi de la variation de l'insuffisance et de l'excès de dévers. Son exécution se fait par la surélévation progressive du rail extérieur par rapport au rail intérieur. [20]

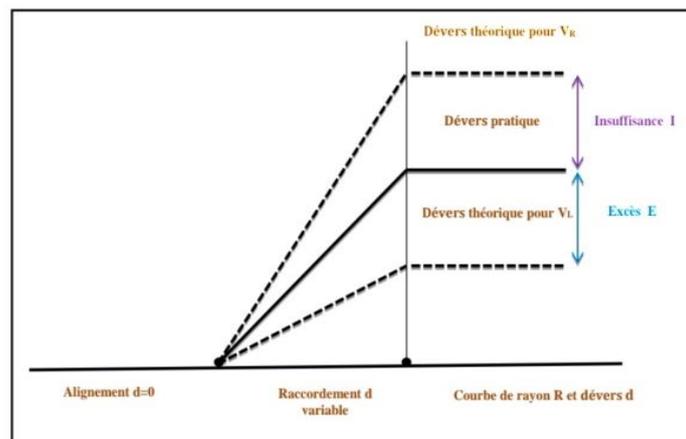


Figure III. 3: Raccordement de dévers selon la SNTF [2]

La variation de dévers par rapport aux longueurs [18]

La variation du dévers sur la longueur « $\Delta d/\Delta L$ » est constante sur toute la longueur de la rampe de dévers (courbe de raccordement en clothoïde), et cela pour des raisons de facilité de pose, de contrôle et d'entretien. Ce rapport est appelé également « gauche » noté « g », il définit la pente relative des deux fils de rails. Le gauche est défini par taux de variation de dévers par unité de longueur ($\Delta d/\Delta L = C^{te}$). Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$g = \frac{\Delta d}{\Delta L} = \frac{d}{L_{rp}}$$

Lrp : Longueur de clothoïde (m).

Les valeurs limites universelles de variation de dévers dans les raccordements sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III. 5: Valeurs limites universelles du gauche

Types de voie	Valeur maximale normale	Valeur maximale exceptionnelle
Principale et de circulation	180/V _{max} ≤ 4 mm/m	216/V _{max} ≤ 4mm/m
Service	4 mm/m	-

La variation de l’insuffisance par rapport au temps [18]

Quand le véhicule parcourt la clothoïde, le voyageur ressent progressivement la force centrifuge non compensée à cause de la variation de l’insuffisance de dévers dI/dt, cette progression doit être si possible inconsciente pour le voyageur [19]. Cette variation d’insuffisance de dévers « ΔI » pendant un temps « Δt » s’exprime en (mm/s), elle s’écrit :

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{\Delta L} \times \frac{V_{max}}{3,6}$$

ΔI exprimé en (mm) ; Δt exprimé en (s) ; ΔL exprimé en (m) ; V_{max} exprimé en (km/h).

La variation du dévers dans le temps est aussi limitée par les valeurs maximales suivantes :

Tableau III. 6: Valeurs limites de variation d’insuffisance de dévers [16]

Valeur maximale normale	75 mm/s
Valeur maximale exceptionnelle	90 mm/s

III.5.6.3. Conditions d’installation des clothoïdes

Les courbes de raccordement sont recommandées dans un tracé si :

$$\Delta C > \frac{2000}{V_{max}^2}$$

Et elles sont obligatoire si :

$$\Delta C > \frac{9000}{V_{max}^2} \text{ lorsque } V \leq 100 \text{ km/h}$$

$$\Delta C > \frac{7000}{V_{max}^2} \text{ lorsque } V > 100 \leq 160 \text{ km/h}$$

$$\Delta C > \frac{4000}{V_{max}^2} \text{ lorsque } V > 160 \leq 200 \text{ km/h}$$

La valeur « ΔC » est calculée comme suit :

Alignement – courbe $\rightarrow \Delta C = \frac{1000}{R}$

Deux courbes de même sens et de rayons différents $\rightarrow \Delta C = \frac{1000}{R_1} - \frac{1000}{R_2}$

Deux courbes de sens contraire $\rightarrow \Delta C = \frac{1000}{R_1} + \frac{1000}{R_2}$ [4]

NB : Dans les autres cas c-à-dire lorsque ΔC est inférieur ou égale aux valeurs indiquées précédemment, les courbes de raccordements sont complètement supprimées.

III.6. APPLICATION POUR NOTRE PROJET

Les données du projet sont les suivants :

- ↪ Vitesse maximale des trains de voyageurs : $V_{\max} = 120 \text{ km/h}$.
- ↪ Vitesse minimale des trains de marchandises : $V_{TM} = 80 \text{ km/h}$.
- ↪ L'insuffisance maximale de dévers : $I_{\max} = 150 \text{ mm}$.
- ↪ L'excès de dévers maximal : $E_{\max} = 70 \text{ mm}$
- ↪ Dévers pratique maximale (normale) : $d_{\max} = 160 \text{ mm}$.
- ↪ Limite de la variation de dévers : $g = \Delta d / \Delta L = 1,5 \text{ mm/m}$
- ↪ Limite de la variation de l'insuffisance de dévers : $\Delta I / \Delta t = 75 \text{ mm/s}$
- ↪ Longueur minimale des clothoïdes : $V/2 = 120/2 = 60 \text{ m}$.

Détermination du rayon minimal normal (R_{\min}) :

$$R_{\min} = \frac{11,8 \times (V_{\max}^2 - V_{TM}^2)}{I_{\max} + E_{\max}}$$

A.N :

$$R_{\min} = \frac{11,8 \times (120^2 - 80^2)}{150 + 70} = 430 \text{ m}$$

On prend : $R_{\min} = 430 \text{ m}$.

Détermination du coefficient « C » du dévers pratique :

$$C = 0,006 \times V_{\max}^2$$

A.N :

$$C = 0,006 \times 120^2 = 86,4$$

On prend donc le multiple de 15 le plus proche : $C = 90$.

Détermination du rayon admissible des courbes circulaires sans raccordement (R_{adm}) :

$$R_{adm} = \frac{V_{\max}^2}{7}$$

A.N:

$$R_{adm} = \frac{120^2}{7} = 2057,14 \text{ m}$$

On prend : $R_{adm} = 2060 \text{ m}$.

Donc les courbes de raccordement (clothoïdes) ne seront pas installées pour les rayons en plan qui dépassent 2060 m.

III.6.1. Caractéristiques géométriques du tracé existant

On absence des données géométriques du tracé existant (rayons des virages, longueurs des alignements), nous avons utilisé Google Earth Pro et COVADIS pour déterminer les caractéristiques de ce tracé. Le but est de spécifier les courbes en plan qui respectent les nouvelles règles du tracé ($V_{max} = 120\text{km/h}$) afin de les conserver dans le nouveau tracé rectifié. Les autres courbes en plan qui ne respectent pas les nouvelles règles seront systématiquement remplacées par des nouvelles courbes.

Dans un premier temps, nous avons retracé point par point la ligne ferroviaire sur Google Earth Pro en utilisant l'outil « trajet » en limitant en maximum les distances entre les points pour avoir un tracé qui représente au maximum la réalité.

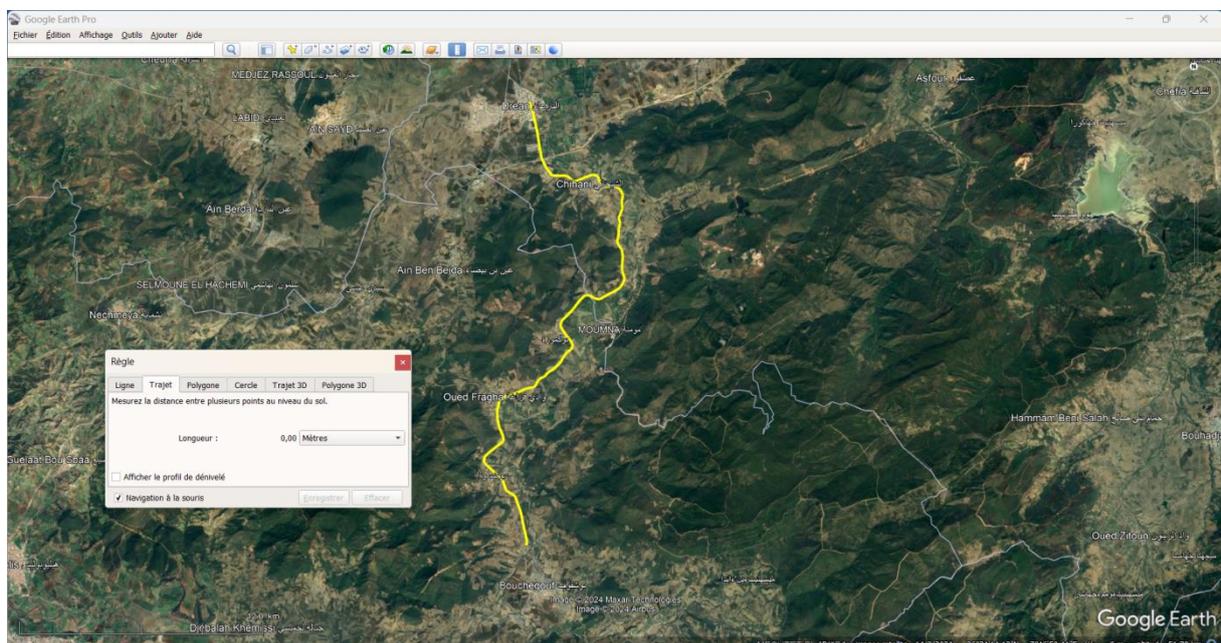


Figure III. 4: Tracé de la ligne ferroviaire existante sur google Earth Pro

Une fois cette étape est terminée, nous avons transformé les points GPS obtenus en coordonnées UTM en utilisant l'outil du site GPS Visualizer.

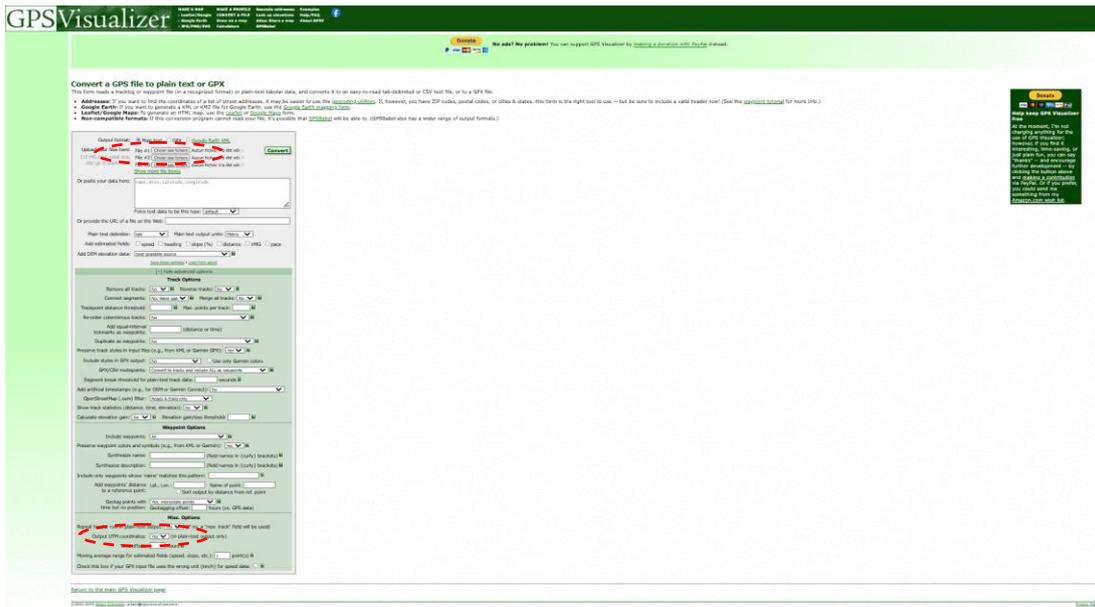


Figure III. 5: transformation des coordonnées GPS en coordonnées UTM

Ensuite les coordonnées UTM des points en 2D sont introduites dans COVADIS en utilisant les outils « 2D et 3D » de COVADIS (chargement de semis / calcul et dessin de MNT).

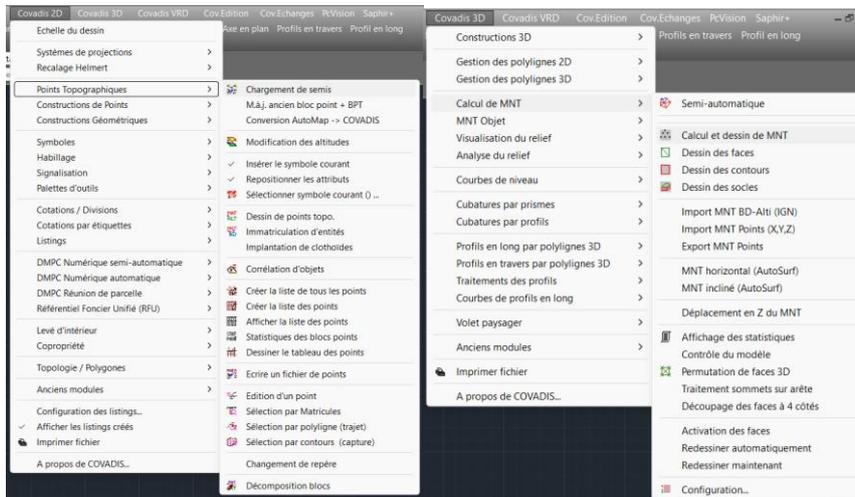


Figure III. 6: Introduction des coordonnées du tracé existant dans COVADIS

Les coordonnées du tracé existant figure sous forme de points (X, Y) dans l'interface de la fenêtre. A partir de ces points, nous avons créé un axe en plan sur COVADIS sous forme de droites et arcs de cercle le plus proche possible du tracé. Le résultat de ce travail est illustré dans la figure ci-dessous et l'ensemble des caractéristiques du calcul d'axe existant sont présentées dans le tableau ci-dessous.

D'après le tableau, seulement **22 courbes** en plan (souligné dans le tableau en vert) sur 56 au total **respectent** les nouvelles règles du tracé en plan c'est-à-dire la vitesse max de 120 km/h pour les trains voyageurs et 80 km/h pour les trains marchandises (tonnage journalier s'élève à 70700 t/j).

Donc au total **34 courbes** circulaires du tracé existant (souligné dans le tableau en rouge) doivent faire l'objet d'une **rectification** afin d'augmenter leurs rayons ($> R_{\min} = 430$ m).

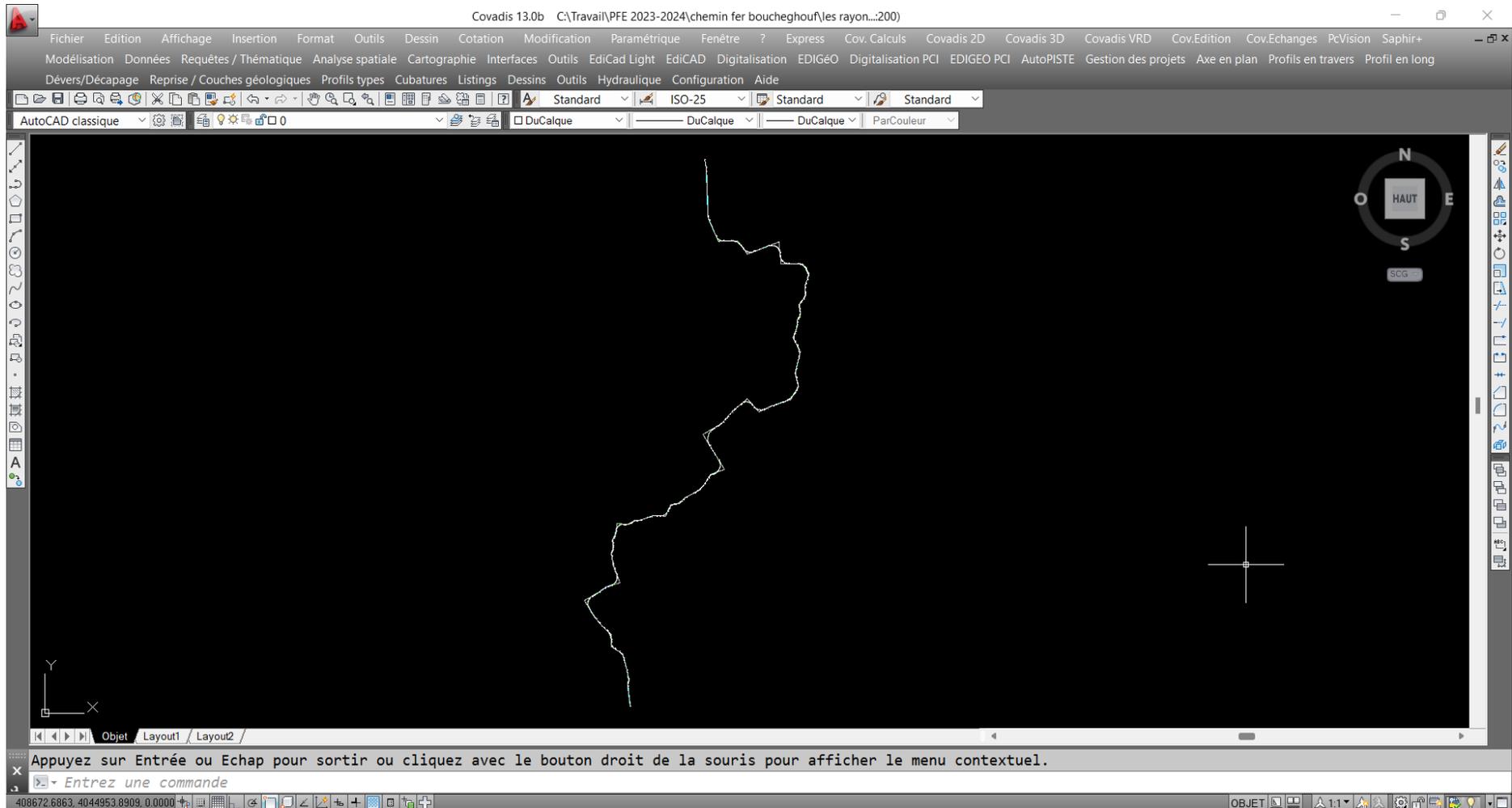


Figure III. 7: Tracé en plan de la ligne ferroviaire existante sur COVADIS

Axe En Plan du tracé existant

Nom du fichier : Rayons de tracé existant.dwg
Date du listing : 28/05/2024 à 15:49

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	392.3128	730.103	0.000	385463.100	4039650.600
Clothoïde 1	Paramètre	-122.474	30.000	730.103	385375.154	4040375.387
Arc 1	Rayon	-500.000	98.433	760.103	385371.839	4040405.202
	Centre X	385869.781				
	Centre Y	4040450.515				
Clothoïde 2	Paramètre	122.474	30.000	858.536	385372.594	4040503.473
Droite 2	Gisement	8.6655	31.130	888.536	385376.367	4040533.234
Clothoïde 3	Paramètre	109.545	30.000	919.666	385380.591	4040564.076
Arc 2	Rayon	400.000	58.231	949.666	385384.290	4040593.845
	Centre X	384986.234				
	Centre Y	4040633.228				
Clothoïde 4	Paramètre	-109.545	30.000	1007.897	385385.793	4040652.005
Droite 3	Gisement	394.6230	20.824	1037.897	385383.636	4040681.926
Clothoïde 5	Paramètre	133.041	10.000	1058.721	385381.879	4040702.676
Arc 3	Rayon	1770.000	295.528	1068.721	385381.026	4040712.639
	Centre X	383617.765				
	Centre Y	4040558.339				
Clothoïde 6	Paramètre	-133.041	10.000	1364.249	385330.863	4041003.530
Droite 4	Gisement	383.6341	457.970	1374.249	385328.329	4041013.204
Clothoïde 7	Paramètre	105.357	30.000	1832.219	385211.889	4041456.124
Arc 4	Rayon	370.000	240.772	1862.219	385203.870	4041485.030
	Centre X	384850.136				
	Centre Y	4041376.531				
Clothoïde 8	Paramètre	-105.357	30.000	2102.991	385065.855	4041677.139
Droite 5	Gisement	337.0452	164.549	2132.991	385041.019	4041693.964
Clothoïde 9	Paramètre	-126.491	50.000	2297.540	384903.553	4041784.402
Arc 5	Rayon	320.000	262.963	2347.540	384862.522	4041812.954
	Centre X	385058.727				
	Centre Y	4042065.745				
Clothoïde 10	Paramètre	126.491	50.000	2610.502	384739.994	4042037.300
Droite 6	Gisement	399.3072	39.403	2660.502	384738.149	4042087.253
Clothoïde 11	Paramètre	118.743	30.000	2699.906	384737.720	4042126.654
Arc 6	Rayon	470.000	349.872	2729.906	384737.075	4042156.645
	Centre X	384267.505				
	Centre Y	4042136.537				
Clothoïde 12	Paramètre	-118.743	30.000	3079.777	384599.244	4042469.477
Droite 7	Gisement	347.8532	152.348	3109.777	384577.548	4042490.194
Arc 7	Rayon	2000.000	246.219	3262.125	384466.251	4042594.226
	Centre X	385831.979				
	Centre Y	4044055.317				
Droite 8	Gisement	355.6906	179.340	3508.344	384297.167	4042772.995
Arc 8	Rayon	2000.000	279.912	3687.684	384182.181	4042910.621
	Centre X	385716.993				
	Centre Y	4044192.944				
Droite 9	Gisement	364.6005	173.958	3967.596	384018.305	4043137.265
Clothoïde 13	Paramètre	-129.205	50.000	4141.554	383926.483	4043285.015
Arc 9	Rayon	333.880	494.679	4191.554	383901.165	4043328.117
	Centre X	384197.134				
	Centre Y	4043482.645				
Clothoïde 14	Paramètre	129.205	50.000	4686.233	384016.858	4043763.672
Droite 10	Gisement	68.4562	44.262	4736.233	384060.227	4043788.530
Arc 10	Rayon	2000.000	252.996	4780.495	384099.166	4043809.575
	Centre X	383148.243				
	Centre Y	4045569.047				
Droite 11	Gisement	60.4031	226.757	5033.491	384313.545	4043943.603
Clothoïde 15	Paramètre	-106.771	30.000	5260.248	384497.835	4044075.723
Arc 11	Rayon	380.000	99.245	5290.248	384522.443	4044092.879
	Centre X	384731.490				
	Centre Y	4043775.547				
Clothoïde 16	Paramètre	106.771	30.000	5389.493	384611.471	4044136.096
Droite 12	Gisement	82.0557	72.174	5419.493	384640.173	4044144.818

Clothoïde 17	Paramètre	126.491	50.000	5491.666	384709.498	4044164.893
Arc 12	Rayon	320.000	481.415	5541.666	384757.134	4044180.043
	Centre X	384644.408				
	Centre Y	4044479.530				
Clothoïde 18	Paramètre	-126.491	50.000	6023.082	384950.712	4044572.145
Droite 13	Gisement	376.3339	196.368	6073.082	384933.774	4044619.174
Clothoïde 19	Paramètre	-156.844	30.000	6269.449	384862.445	4044802.129
Arc 13	Rayon	820.000	136.549	6299.449	384851.718	4044830.145
	Centre X	385621.028				
	Centre Y	4045113.980				
Clothoïde 20	Paramètre	156.844	30.000	6435.999	384815.313	4044961.588
Droite 14	Gisement	389.2642	282.797	6465.999	384810.098	4044991.131
Clothoïde 21	Paramètre	-99.499	30.000	6748.795	384762.633	4045269.916
Arc 14	Rayon	330.000	148.293	6778.795	384758.047	4045299.561
	Centre X	385085.547				
	Centre Y	4045340.108				
Clothoïde 22	Paramètre	99.499	30.000	6927.088	384772.948	4045445.852
Droite 15	Gisement	23.6596	15.956	6957.088	384783.416	4045473.963
Clothoïde 23	Paramètre	96.437	30.000	6973.044	384789.211	4045488.829
Arc 15	Rayon	310.000	143.490	7003.044	384799.652	4045516.951
	Centre X	384505.708				
	Centre Y	4045615.424				
Clothoïde 24	Paramètre	-78.740	20.000	7146.534	384812.691	4045658.564
Droite 16	Gisement	389.0583	53.936	7166.534	384809.483	4045678.304
Clothoïde 25	Paramètre	-97.980	30.000	7220.469	384800.259	4045731.445
Arc 16	Rayon	320.000	188.146	7250.469	384795.591	4045761.076
	Centre X	385113.094				
	Centre Y	4045800.971				
Clothoïde 26	Paramètre	97.980	30.000	7438.615	384826.779	4045943.882
Droite 17	Gisement	32.4570	31.029	7468.615	384841.007	4045970.290
Clothoïde 27	Paramètre	103.923	30.000	7499.644	384856.150	4045997.373
Arc 17	Rayon	360.000	102.705	7529.644	384870.425	4046023.757
	Centre X	384549.162				
	Centre Y	4046186.207				
Clothoïde 28	Paramètre	-84.853	20.000	7632.349	384903.159	4046120.739
Droite 18	Gisement	9.8737	56.608	7652.349	384906.432	4046140.468
Clothoïde 29	Paramètre	-94.868	30.000	7708.957	384915.176	4046196.397
Arc 18	Rayon	300.000	412.552	7738.957	384920.303	4046225.952
	Centre X	385214.015				
	Centre Y	4046164.854				
Clothoïde 30	Paramètre	94.868	30.000	8151.509	385216.857	4046464.840
Droite 19	Gisement	103.7861	42.260	8181.509	385246.826	4046463.557
Clothoïde 31	Paramètre	91.652	30.000	8223.769	385289.011	4046461.045
Arc 19	Rayon	280.000	147.763	8253.769	385318.981	4046459.797
	Centre X	385320.633				
	Centre Y	4046739.792				
Clothoïde 32	Paramètre	-91.652	30.000	8401.532	385460.203	4046497.057
Droite 20	Gisement	63.3691	53.558	8431.532	385485.657	4046512.928
Clothoïde 33	Paramètre	-94.868	30.000	8485.089	385530.590	4046542.072
Arc 20	Rayon	300.000	138.198	8515.089	385556.025	4046557.974
	Centre X	385706.492				
	Centre Y	4046298.437				
Clothoïde 34	Paramètre	77.460	20.000	8653.287	385687.085	4046597.808
Droite 21	Gisement	98.0008	18.007	8673.287	385707.066	4046598.658
Clothoïde 35	Paramètre	118.743	30.000	8691.294	385725.064	4046599.223
Arc 21	Rayon	470.000	112.902	8721.294	385755.036	4046600.484
	Centre X	385725.296				
	Centre Y	4047069.542				
Clothoïde 36	Paramètre	-118.743	30.000	8834.197	385865.777	4046621.028
Droite 22	Gisement	78.6446	342.606	8864.197	385894.207	4046630.602
Clothoïde 37	Paramètre	-173.205	50.000	9206.803	386217.718	4046743.386
Arc 22	Rayon	600.000	208.685	9256.803	386265.151	4046759.187
	Centre X	386438.897				
	Centre Y	4046184.894				
Clothoïde 38	Paramètre	134.164	30.000	9465.488	386471.296	4046784.019
Droite 23	Gisement	105.0309	65.380	9495.488	386501.220	4046781.900
Clothoïde 39	Paramètre	94.868	30.000	9560.868	386566.396	4046776.738
Arc 23	Rayon	300.000	329.763	9590.868	386596.334	4046774.869
	Centre X	386605.040				
	Centre Y	4047074.743				
Clothoïde 40	Paramètre	-94.868	30.000	9920.631	386868.227	4046930.754
Droite 24	Gisement	28.6868	85.274	9950.631	386881.739	4046957.535

Clothoïde 41	Paramètre	-94.868	30.000	10035.905	386918.878	4047034.297
Arc 24	Rayon	-300.000	258.058	10065.905	386932.390	4047061.078
	Centre X	387195.577				
	Centre Y	4046917.089				
Clothoïde 42	Paramètre	94.868	30.000	10323.963	387133.042	4047210.499
Droite 25	Gisement	89.8147	2.977	10353.963	387162.571	4047215.771
Clothoïde 43	Paramètre	92.736	20.000	10356.940	387165.510	4047216.245
Arc 25	Rayon	430.000	239.806	10376.940	387185.229	4047219.584
	Centre X	387106.874				
	Centre Y	4047642.385				
Clothoïde 44	Paramètre	-113.578	30.000	10616.746	387397.114	4047325.115
Droite 26	Gisement	50.6099	51.666	10646.746	387418.771	4047345.872
Clothoïde 45	Paramètre	-129.615	30.000	10698.412	387455.653	4047382.054
Arc 26	Rayon	-560.000	133.643	10728.412	387477.254	4047402.870
	Centre X	387858.576				
	Centre Y	4046992.755				
Clothoïde 46	Paramètre	129.615	30.000	10862.055	387585.008	4047481.387
Droite 27	Gisement	69.2131	328.756	10892.055	387611.441	4047495.572
Clothoïde 47	Paramètre	161.555	30.000	11220.811	387902.498	4047648.433
Arc 27	Rayon	870.000	350.327	11250.811	387928.977	4047662.535
	Centre X	387511.235				
	Centre Y	4048425.681				
Clothoïde 48	Paramètre	-161.555	30.000	11601.138	388194.626	4047887.279
Droite 28	Gisement	41.3828	73.347	11631.138	388212.920	4047911.056
Arc 28	Rayon	2000.000	198.453	11704.485	388257.311	4047969.445
	Centre X	386665.190				
	Centre Y	4049179.879				
Droite 29	Gisement	35.0658	73.147	11902.938	388369.389	4048133.120
Clothoïde 49	Paramètre	-100.995	30.000	11976.086	388407.673	4048195.449
Arc 29	Rayon	-340.000	193.620	12006.086	388423.747	4048220.776
	Centre X	388705.331				
	Centre Y	4048030.223				
Clothoïde 50	Paramètre	100.995	30.000	12199.706	388570.929	4048342.531
Droite 30	Gisement	76.9367	40.208	12229.706	388598.820	4048353.573
Clothoïde 51	Paramètre	97.980	30.000	12269.914	388636.418	4048367.823
Arc 30	Rayon	320.000	535.818	12299.914	388664.298	4048378.891
	Centre X	388536.992				
	Centre Y	4048672.478				
Clothoïde 52	Paramètre	-97.980	30.000	12835.732	388815.834	4048829.472
Droite 31	Gisement	364.3707	629.324	12865.732	388800.307	4048855.139
Clothoïde 53	Paramètre	-118.743	30.000	13495.056	388466.198	4049388.449
Arc 31	Rayon	-470.000	728.048	13525.056	388450.543	4049414.039
	Centre X	388856.597				
	Centre Y	4049650.726				
Clothoïde 54	Paramètre	118.743	30.000	14253.104	388611.131	4050051.534
Droite 32	Gisement	67.0490	180.050	14283.104	388637.041	4050066.653
Clothoïde 55	Paramètre	138.564	30.000	14463.154	388793.507	4050155.740
Arc 32	Rayon	640.000	172.408	14493.154	388819.460	4050170.787
	Centre X	388489.848				
	Centre Y	4050719.381				
Clothoïde 56	Paramètre	-138.564	30.000	14665.562	388953.576	4050278.296
Droite 33	Gisement	46.9151	476.756	14695.562	388973.909	4050300.353
Arc 33	Rayon	-860.000	116.622	15172.318	389294.301	4050653.403
	Centre X	389931.155				
	Centre Y	4050075.461				
Droite 34	Gisement	55.5482	331.991	15288.940	389378.281	4050734.195
Clothoïde 57	Paramètre	-122.474	50.000	15620.931	389632.576	4050947.624
Arc 34	Rayon	-300.000	424.712	15670.931	389671.740	4050978.682
	Centre X	389844.807				
	Centre Y	4050733.636				
Clothoïde 58	Paramètre	94.868	30.000	16095.642	390060.179	4050942.477
Droite 35	Gisement	154.1631	91.574	16125.642	390080.332	4050920.258
Clothoïde 59	Paramètre	97.980	30.000	16217.217	390140.714	4050851.413
Arc 35	Rayon	320.000	383.836	16247.217	390160.844	4050829.173
	Centre X	390391.269				
	Centre Y	4051051.218				
Clothoïde 60	Paramètre	-97.980	30.000	16631.053	390514.577	4050755.930
Droite 36	Gisement	71.8329	108.479	16661.053	390541.883	4050768.348
Arc 36	Rayon	-2000.000	226.345	16769.532	390639.916	4050814.793
	Centre X	391496.220				
	Centre Y	4049007.380				
Droite 37	Gisement	79.0377	397.115	16995.877	390849.507	4050899.934

Clothoïde 61	Paramètre	155.016	30.000	17392.991	391225.288	4051028.344
Arc 37	Rayon	801.000	519.564	17422.991	391253.614	4051038.221
	Centre X	390980.458				
	Centre Y	4051791.206				
Clothoïde 62	Paramètre	-155.016	30.000	17942.555	391653.020	4051356.165
Droite 38	Gisement	35.3594	95.159	17972.555	391668.998	4051381.556
Clothoïde 63	Paramètre	102.470	30.000	18067.714	391719.176	4051462.410
Arc 38	Rayon	350.000	249.581	18097.714	391734.628	4051488.122
	Centre X	391429.607				
	Centre Y	4051659.768				
Clothoïde 64	Paramètre	-102.470	30.000	18347.295	391772.594	4051729.480
Droite 39	Gisement	384.5061	180.235	18377.295	391765.782	4051758.694
Clothoïde 65	Paramètre	-142.829	30.000	18557.529	391722.348	4051933.617
Arc 39	Rayon	680.000	293.130	18587.529	391715.333	4051962.785
	Centre X	392378.747				
	Centre Y	4052112.056				
Clothoïde 66	Paramètre	142.829	30.000	18880.660	391713.652	4052253.646
Droite 40	Gisement	14.7578	405.540	18910.660	391720.329	4052282.893
Clothoïde 67	Paramètre	174.642	50.000	19316.199	391813.499	4052677.585
Arc 40	Rayon	610.000	413.902	19366.199	391824.320	4052726.396
	Centre X	391225.393				
	Centre Y	4052842.098				
Clothoïde 68	Paramètre	-110.454	20.000	19780.102	391764.276	4053127.940
Droite 41	Gisement	367.9086	160.665	19800.102	391754.711	4053145.504
Clothoïde 69	Paramètre	-99.499	30.000	19960.767	391677.108	4053286.185
Arc 41	Rayon	330.000	262.827	19990.767	391663.019	4053312.667
	Centre X	391958.916				
	Centre Y	4053458.767				
Clothoïde 70	Paramètre	99.499	30.000	20253.594	391647.566	4053568.136
Droite 42	Gisement	24.3994	96.270	20283.594	391658.361	4053596.124
Arc 42	Rayon	770.000	250.397	20379.864	391694.361	4053685.409
	Centre X	390980.226				
	Centre Y	4053973.351				
Droite 43	Gisement	3.6971	68.245	20630.261	391748.928	4053928.659
Clothoïde 71	Paramètre	-99.499	30.000	20698.507	391752.889	4053996.789
Arc 43	Rayon	330.000	125.000	20728.507	391755.084	4054026.706
	Centre X	392083.317				
	Centre Y	4053992.603				
Clothoïde 72	Paramètre	81.240	20.000	20853.506	391790.962	4054145.667
Droite 44	Gisement	32.6343	31.573	20873.506	391800.594	4054163.194
Clothoïde 73	Paramètre	122.474	50.000	20905.079	391816.079	4054190.708
Arc 44	Rayon	300.000	180.468	20955.079	391839.376	4054234.932
	Centre X	391566.597				
	Centre Y	4054359.799				
Clothoïde 74	Paramètre	-94.868	30.000	21135.547	391862.156	4054411.226
Droite 45	Gisement	385.8495	51.697	21165.547	391856.032	4054440.591
Clothoïde 75	Paramètre	-97.980	30.000	21217.244	391844.635	4054491.016
Arc 45	Rayon	320.000	238.332	21247.244	391838.480	4054520.375
	Centre X	392153.570				
	Centre Y	4054576.215				
Clothoïde 76	Paramètre	126.491	50.000	21485.576	391884.056	4054748.732
Droite 46	Gisement	41.2218	121.842	21535.576	391913.160	4054789.372
Clothoïde 77	Paramètre	103.923	30.000	21657.417	391986.655	4054886.552
Arc 46	Rayon	360.000	220.254	21687.417	392004.416	4054910.727
	Centre X	391708.488				
	Centre Y	4055115.731				
Clothoïde 78	Paramètre	-103.923	30.000	21907.672	392068.481	4055117.881
Droite 47	Gisement	396.9671	148.675	21937.672	392067.469	4055147.862
Clothoïde 79	Paramètre	-113.710	30.000	22086.347	392060.389	4055296.368
Arc 47	Rayon	431.000	141.467	22116.347	392059.308	4055326.347
	Centre X	392490.272				
	Centre Y	4055331.880				
Clothoïde 80	Paramètre	113.710	30.000	22257.813	392080.532	4055465.571
Droite 48	Gisement	22.2940	118.860	22287.813	392090.496	4055493.866
Clothoïde 81	Paramètre	112.250	30.000	22406.674	392131.274	4055605.512
Arc 48	Rayon	420.000	372.810	22436.674	392141.230	4055633.811
	Centre X	391741.828				
	Centre Y	4055763.726				
Clothoïde 82	Paramètre	-112.250	30.000	22809.483	392094.708	4055991.488
Droite 49	Gisement	361.2377	36.746	22839.483	392077.845	4056016.298
Clothoïde 83	Paramètre	95.026	30.000	22876.229	392056.828	4056046.440
Arc 49	Rayon	301.000	245.036	22906.229	392039.265	4056070.758

	Centre X	391801.240				
	Centre Y	4055886.517				
Clothoïde 84	Paramètre	-122.678	50.000	23151.265	391830.694	4056186.072
Droite 50	Gisement	300.9521	307.260	23201.265	391780.755	4056188.203
Clothoïde 85	Paramètre	-130.384	50.000	23508.525	391473.529	4056192.798
Arc 50	Rayon	-340.000	453.373	23558.525	391423.580	4056194.770
	Centre X	391453.626				
	Centre Y	4056533.440				
Clothoïde 86	Paramètre	100.995	30.000	24011.898	391117.386	4056483.014
Droite 51	Gisement	393.3318	82.001	24041.898	391113.811	4056512.798
Clothoïde 87	Paramètre	96.437	30.000	24123.900	391105.238	4056594.349
Arc 51	Rayon	310.000	526.447	24153.900	391101.621	4056624.127
	Centre X	390795.248				
	Centre Y	4056576.842				
Clothoïde 88	Paramètre	-124.499	50.000	24680.347	390709.414	4056874.722
Droite 52	Gisement	277.0055	543.559	24730.347	390662.196	4056858.321
Clothoïde 89	Paramètre	-134.164	50.000	25273.905	390153.711	4056666.231
Arc 52	Rayon	-360.000	423.801	25323.905	390106.551	4056649.652
	Centre X	390003.004				
	Centre Y	4056994.439				
Clothoïde 90	Paramètre	103.923	30.000	25747.707	389724.286	4056766.587
Droite 53	Gisement	359.0236	101.054	25777.707	389705.952	4056790.330
Clothoïde 91	Paramètre	109.545	30.000	25878.761	389645.308	4056871.164
Arc 53	Rayon	400.000	338.004	25908.761	389627.006	4056894.932
	Centre X	389316.268				
	Centre Y	4056643.056				
Clothoïde 92	Paramètre	-141.421	50.000	26246.764	389334.115	4057042.658
Droite 54	Gisement	298.8625	265.549	26296.764	389284.124	4057042.806
Clothoïde 93	Paramètre	-124.499	50.000	26562.313	389018.618	4057038.061
Arc 54	Rayon	-310.000	311.826	26612.313	388968.634	4057038.512
	Centre X	388988.082				
	Centre Y	4057347.901				
Clothoïde 94	Paramètre	124.499	50.000	26924.139	388716.349	4057198.700
Droite 55	Gisement	373.1674	606.831	26974.139	388694.680	4057243.745
Clothoïde 95	Paramètre	-121.244	30.000	27580.969	388446.416	4057797.467
Arc 55	Rayon	-490.000	157.882	27610.969	388434.423	4057824.964
	Centre X	388887.466				
	Centre Y	4058011.652				
Clothoïde 96	Paramètre	121.244	30.000	27768.851	388398.620	4057978.032
Droite 56	Gisement	397.5775	1640.734	27798.851	388397.173	4058007.996
Arc 56	Rayon	1120.000	145.634	29439.585	388334.753	4059647.542
	Centre X	387215.564				
	Centre Y	4059604.933				
Droite 57	Gisement	389.2995	307.126	29585.219	388319.780	4059792.302
				29892.346	388268.400	4060095.100
Longueur totale de l'axe 29892.346 mètres						

III.6.2. Rectification du tracé existant et calcul du nouveau axe en plan

La deuxième étape de l'étude du tracé en plan consiste à proposer un nouveau axe en plan qui corrige et rectifie l'axe en plan existant pour s'adapter au nouvelles vitesses des trains voyageurs et marchandises.

Pour atteindre cet objectif, nous avons travaillé sur Google Earth pour choisir le nouveau couloir du tracé en plan en évitant les contraintes du site (agglomérations, routes, oued, cours d'eau, lignes électriques, habitations, terrain agricoles,...). Par la suite, nous avons introduite les coordonnées du terrain naturel de ce couloir dans COVADIS et définir le tracé en plan rectifié de la ligne ferroviaire. Les figures ci-dessous illustrent le travail réalisé dans cette étape.

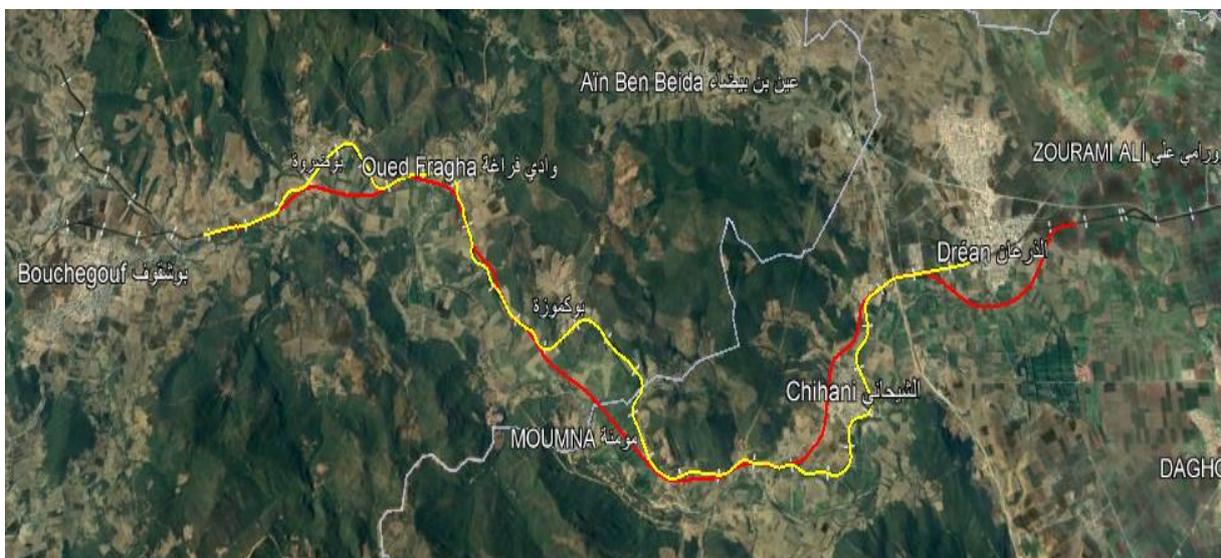


Figure III. 8: Tracé en plan sur Google Earth de la ligne ferroviaire rectifiée (en rouge)

Le tableau ci-dessous présente également le calcul d'axe du tracé en plan rectifié. D'après ce tableau, l'ensemble des courbes en plan respectent les nouvelles règles du tracé en plan c'est-à-dire la vitesse max de 120 km/h pour les trains voyageurs et 80 km/h pour les trains marchandises (tonnage journalier s'élève à 70700 t/j). Nous avons également réduit la sinuosité du tracé en plan en réduisant le nombre de courbes (virages) de 56 pour le tracé existant à seulement 24 pour le tracé rectifié. Le plus faible rayon utilisé pour ce nouveau tracé est 600 m ce qui dépasse largement le rayon minimum en plan de 430 m.

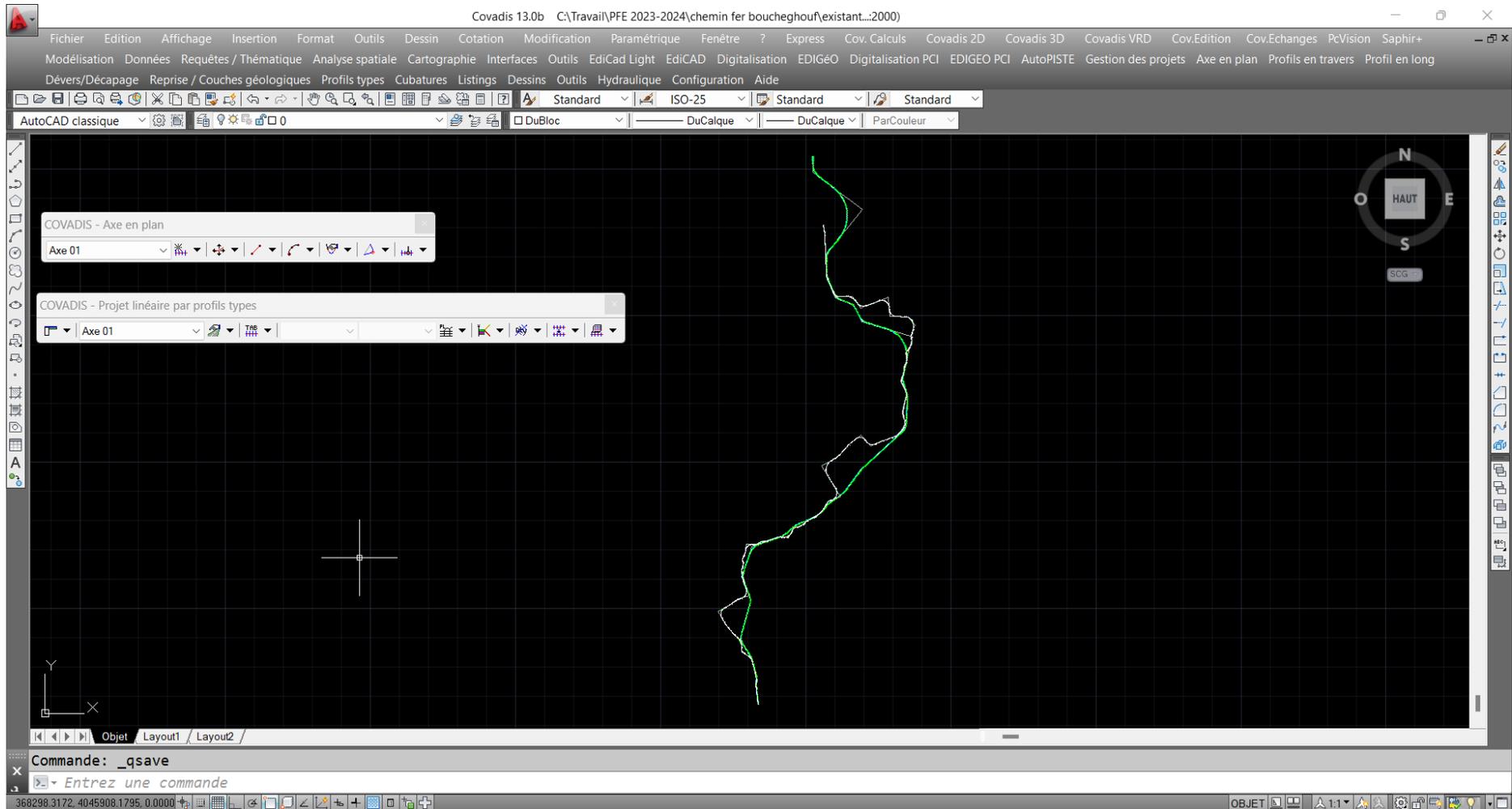


Figure III. 9: Tracé en plan rectifié de la ligne ferroviaire sur COVADIS (en vert)

Axe En Plan Rectifié

Nom du fichier : axe rectifié. dwg
 Date du listing : 29/05/2024 à 13:45

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 392.2567	668.180	0.000	385458.683	4039650.556	
Clothoïde 1	Paramètre -254.951	65.000	668.180	385377.611	4040313.799	
Arc 1	Rayon -1000.000 Centre X 386366.454 Centre Y 4040467.412	132.606	733.180	385370.424	4040378.398	
Clothoïde 2	Paramètre 254.951	65.000	865.787	385367.399	4040510.873	
Droite 2	Gisement 4.8367	95.911	930.787	385371.630	4040575.732	
Clothoïde 3	Paramètre 197.484	107.000	1026.698	385378.910	4040671.366	
Arc 2	Rayon 600.000 Centre X 384782.815 Centre Y 4040749.332	134.261	1091.698	385382.672	4040736.249	
Clothoïde 4	Paramètre -197.484	107.000	1225.959	385370.620	4040869.686	
Droite 3	Gisement 383.6945	524.402	1290.959	385355.293	4040932.845	
Clothoïde 5	Paramètre 254.951	65.000	1815.361	385222.443	4041440.140	
Arc 3	Rayon 1000.000 Centre X 384246.661 Centre Y 4041218.198	273.480	1880.361	385205.297	4041502.835	
Clothoïde 6	Paramètre -254.951	65.000	2153.840	385092.796	4041751.168	
Droite 4	Gisement 362.1462	368.413	2218.840	385056.971	4041805.401	
Clothoïde 7	Paramètre -253.377	107.000	2587.253	384850.592	4042110.583	
Arc 4	Rayon -600.000 Centre X 385318.310 Centre Y 4042491.444	414.174	2694.253	384793.333	4042200.928	
Clothoïde 8	Paramètre 253.377	107.000	3108.428	384728.532	4042601.724	
Droite 5	Gisement 17.4445	1194.393	3215.428	384754.404	4042705.510	
Clothoïde 9	Paramètre 253.377	107.000	4409.820	385077.608	4043855.341	
Arc 5	Rayon 600.000 Centre X 384513.701 Centre Y 4044069.408	280.862	4516.820	385103.479	4043959.128	
Clothoïde 10	Paramètre -253.377	107.000	4797.683	385089.792	4044237.096	
Droite 6	Gisement 376.2910	549.519	4904.683	385053.849	4044337.838	
Clothoïde 11	Paramètre -253.377	107.000	5454.202	384853.896	4044849.688	
Arc 6	Rayon -600.000 Centre X 385394.044 Centre Y 4045118.119	316.691	5561.202	384817.953	4044950.431	
Clothoïde 12	Paramètre 253.377	107.000	5877.893	384811.898	4045263.399	
Droite 7	Gisement 21.2460	690.718	5984.893	384843.917	4045365.457	
Clothoïde 13	Paramètre -252.389	91.000	6675.611	385070.177	4046018.066	
Arc 7	Rayon -700.000 Centre X 385746.924 Centre Y 4045831.588	546.907	6766.611	385101.836	4046103.363	
Clothoïde 14	Paramètre 252.389	91.000	7313.518	385480.294	4046478.819	
Droite 8	Gisement 79.2609	808.463	7404.518	385565.841	4046509.798	
Clothoïde 15	Paramètre 254.951	65.000	8212.981	386331.783	4046768.536	
Arc 8	Rayon 1000.000 Centre X 386042.479 Centre Y 4047726.509	344.979	8277.981	386393.132	4046790.003	
Clothoïde 16	Paramètre -254.951	65.000	8622.960	386689.177	4046963.763	
Droite 9	Gisement 53.1609	252.034	8687.960	386737.831	4047006.860	
Clothoïde 17	Paramètre -252.389	91.000	8939.994	386924.671	4047176.011	
Arc 9	Rayon -700.000 Centre X 387428.526 Centre Y 4046687.248	142.967	9030.994	386993.426	4047235.598	
Clothoïde 18	Paramètre 252.389	91.000	9173.961	387113.687	4047312.449	
Droite 10	Gisement 74.4392	655.705	9264.961	387196.644	4047349.811	
Clothoïde 19	Paramètre 254.951	65.000	9920.667	387800.203	4047606.066	
Arc 10	Rayon 1000.000 Centre X 387439.241 Centre Y 4048539.401	393.578	9985.667	387859.752	4047632.114	

Clothoïde 20	Paramètre	-254.951	65.000	10379.245	388175.542	4047862.747
Droite 11	Gisement	45.2452	220.636	10444.245	388218.475	4047911.545
Clothoïde 21	Paramètre	-254.951	65.000	10664.881	388362.412	4048078.765
Arc 11	Rayon	-1000.000	204.701	10729.881	388405.345	4048127.564
	Centre X	389141.646				
	Centre Y	4047450.910				
Clothoïde 22	Paramètre	254.951	65.000	10934.582	388558.264	4048263.108
Droite 12	Gisement	62.4149	325.144	10999.582	388611.864	4048299.874
Clothoïde 23	Paramètre	300.000	60.000	11324.726	388881.969	4048480.875
Arc 12	Rayon	1500.000	437.728	11384.726	388931.588	4048514.607
	Centre X	388071.813				
	Centre Y	4049743.748				
Clothoïde 24	Paramètre	-300.000	60.000	11822.454	389248.856	4048813.925
Droite 13	Gisement	41.2906	887.702	11882.454	389285.417	4048861.498
Clothoïde 25	Paramètre	-300.000	60.000	12770.157	389821.647	4049568.939
Arc 13	Rayon	-1500.000	221.769	12830.157	389858.208	4049616.511
	Centre X	391035.251				
	Centre Y	4048686.689				
Clothoïde 26	Paramètre	300.000	60.000	13051.925	390008.019	4049779.755
Droite 14	Gisement	53.2493	2075.360	13111.925	390052.285	4049820.257
Clothoïde 27	Paramètre	253.377	107.000	15187.285	391592.743	4051210.979
Arc 14	Rayon	600.000	364.868	15294.285	391669.972	4051284.983
	Centre X	391229.844				
	Centre Y	4051692.767				
Clothoïde 28	Paramètre	-253.377	107.000	15659.153	391824.044	4051609.542
Droite 15	Gisement	3.1825	889.148	15766.153	391832.561	4051716.164
Clothoïde 29	Paramètre	252.982	80.000	16655.301	391876.992	4052604.202
Arc 15	Rayon	800.000	193.371	16735.301	391879.657	4052684.148
	Centre X	391079.657				
	Centre Y	4052684.141				
Clothoïde 30	Paramètre	-252.982	80.000	16928.672	391856.398	4052875.642
Droite 16	Gisement	381.4284	393.096	17008.672	391834.673	4052952.626
Clothoïde 31	Paramètre	-253.377	107.000	17401.768	391721.617	4053329.113
Arc 16	Rayon	-600.000	212.299	17508.768	391693.912	4053432.425
	Centre X	392281.646				
	Centre Y	4053553.129				
Clothoïde 32	Paramètre	253.377	107.000	17721.067	391688.498	4053643.549
Droite 17	Gisement	15.3070	458.469	17828.067	391710.871	4053748.145
Clothoïde 33	Paramètre	268.328	60.000	18286.536	391820.047	4054193.426
Arc 17	Rayon	1200.000	1762.866	18346.536	391833.849	4054251.815
	Centre X	390661.590				
	Centre Y	4054508.351				
Clothoïde 34	Paramètre	-268.328	60.000	20109.403	391035.860	4055648.492
Droite 18	Gisement	318.6010	789.059	20169.403	390978.551	4055666.252
Clothoïde 35	Paramètre	-253.377	107.000	20958.462	390222.934	4055893.536
Arc 18	Rayon	-600.000	375.671	21065.462	390121.466	4055927.375
	Centre X	390344.771				
	Centre Y	4056484.273				
Clothoïde 36	Paramètre	253.377	107.000	21441.132	389837.481	4056163.871
Droite 19	Gisement	369.8139	205.322	21548.132	389785.837	4056257.539
Clothoïde 37	Paramètre	253.377	107.000	21753.455	389692.088	4056440.210
Arc 19	Rayon	600.000	339.781	21860.455	389640.444	4056533.878
	Centre X	389133.154				
	Centre Y	4056213.476				
Clothoïde 38	Paramètre	-253.377	107.000	22200.236	389389.350	4056756.029
Droite 20	Gisement	322.4089	209.270	22307.236	389290.087	4056795.874
Clothoïde 39	Paramètre	-253.377	107.000	22516.506	389093.648	4056868.025
Arc 20	Rayon	-600.000	380.601	22623.506	388994.384	4056907.870
	Centre X	389250.581				
	Centre Y	4057450.423				
Clothoïde 40	Paramètre	253.377	107.000	23004.107	388722.684	4057165.248
Droite 21	Gisement	374.1450	483.780	23111.107	388677.526	4057262.210
Clothoïde 41	Paramètre	-254.951	65.000	23594.887	388486.406	4057706.638
Arc 21	Rayon	-1000.000	332.555	23659.887	388461.377	4057766.623
	Centre X	389392.386				
	Centre Y	4058131.619				
Clothoïde 42	Paramètre	254.951	65.000	23992.441	388393.229	4058090.556
Droite 22	Gisement	399.4541	414.285	24057.441	388391.968	4058155.541
Clothoïde 43	Paramètre	-252.389	91.000	24471.726	388388.416	4058569.810
Arc 22	Rayon	-700.000	398.220	24562.726	388389.607	4058660.785
	Centre X	389088.493				
	Centre Y	4058621.308				

Clothoïde 44	Paramètre	252.389	91.000	24960.946	388520.946	4059031.053
Droite 23	Gisement	43.9466	541.452	25051.946	388577.349	4059102.444
Clothoïde 45	Paramètre	300.000	60.000	25593.398	388922.133	4059519.930
Arc 23	Rayon	1500.000	2366.245	25653.398	388960.030	4059566.445
	Centre X	387784.587				
	Centre Y	4060498.290				
Clothoïde 46	Paramètre	-300.000	60.000	28019.643	388708.535	4061679.950
Droite 24	Gisement	340.9735	666.870	28079.643	388660.780	4061716.274
Clothoïde 47	Paramètre	-252.389	91.000	28746.514	388127.328	4062116.454
Arc 24	Rayon	-700.000	558.030	28837.514	388055.747	4062172.616
	Centre X	388511.293				
	Centre Y	4062704.103				
Clothoïde 48	Paramètre	252.389	91.000	29395.544	387812.771	4062658.635
Droite 25	Gisement	0.0000	282.375	29486.544	387810.800	4062749.596
				29768.919	387810.800	4063031.971
Longueur totale de l'axe 29768.919 mètres						

III.6.3. Vérifications de la conformité des paramètres géométriques du tracé rectifié

Le calcul du dévers pratique et sa variation en fonction de la longueur de la clothoïde, l'insuffisance de dévers et sa variation en fonction du temps dans la clothoïde, ainsi que l'excès de dévers dans les courbes circulaires et de raccordement (clothoïdes) sont présentées dans le tableau suivant.

Les résultats des calculs montrent que l'ensemble des valeurs respectent les limites maximales ($d_{max} = 160$ mm, $l_{max} = 150$ mm, $E_{max} = 70$ mm, $\Delta d/\Delta L = 1,5$ mm/m, $\Delta l/\Delta t = 75$ mm/s)

Tableau III. 7: Vérification des paramètres géométriques du tracé rectifié

Nom	Rayon courbe circulaire (m)	d (mm)	l (mm)	E (mm)	Longueur clothoïde (m)	$\Delta d/\Delta L$ (mm/m)	$\Delta l/\Delta t$ (mm/s)
Arc 2, 4, 5, 6, 14, 16, 18, 19, 20	600	150	133	24	107	1.40	41
Arc 7, 9, 22, 24	700	129	114	21	91	1.41	42
Arc 15	800	113	100	18	80	1.41	42
Arc1, 3, 8, 10, 11, 21	1000	90	80	14	65	1.38	41
Arc 17	1200	75	67	12	60	1.25	37
Arc 12, 13, 23	1500	60	53	10	60	1	30

III.7. CONCLUSION

Dans ce chapitre, on a étudié le tracé en plan de la voie ferrée entre Bouchegouf et Dréan en recherchant le meilleur couloir à choisir pour la ligne. On peut conclure de cette étude géométrique a permis de proposer un tracé en plan garantissant le bon roulement des trains peuvent atteindre une vitesse de 120 km/h pour les trains voyageurs et 80 km/h pour les trains marchandises.

**CHAPITRE IV:
PROFIL EN LONG
ET OUVRAGES D'ART**

IV.1. PROFIL EN LONG

IV.1.1. INTRODUCTION

Le profil en long de la voie est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires. Il est défini comme étant la projection horizontale de la côte de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. [16]

L'établissement du profil en long est la tâche la plus importante de l'étude d'une ligne par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, surtout sur le plan économique où paraîtra l'importance des terrassements (quantité de déblai et de remblai), nombre d'ouvrage d'art, tunnel, ouvrages hydrauliques, ...etc.

Pour chaque point du profil en long, on doit déterminer les éléments suivants :

- ↪ L'altitude du terrain naturel ;
- ↪ L'altitude du projet ;
- ↪ La déclivité du projet, distances partielles et cumulées...etc. [18]

IV.1.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG

Il est établi dans l'axe de l'ouvrage, et pour avoir un bon tracé il faut bien respecter les règles suivantes :

- ✓ Coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- ✓ Ne pas dépasser les déclivités maximales ;
- ✓ Il faut avoir des paliers dans le tracé pour la traction des trains ;
- ✓ Il faut assurer un bon écoulement des eaux au respectant les pentes minimales ;
- ✓ Respecter les hauteurs des déblais et remblais maximales ;
- ✓ Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Utiliser un cercle unique à la place de deux cercles voisins. [15]

IV.1.3. ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG

Le profil en long est l'ensemble paliers, de pentes ou de rampes et de courbes (concaves ou convexes) qui représentent la ligne rouge. Ces éléments constitutifs se définie comme suit :

Palier : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve à l'horizontale.

Rampe : c'est la partie de la ligne rouge qui définit la montée.

Pente : c'est la partie de la ligne rouge qui définit la descente.

Courbes de raccordement vertical : c'est des arcs de cercle qui assurent la liaison entre deux éléments de la ligne rouge.

Les rampes et les pentes doivent assurer une variation d'altitude qui ne dépasse pas 16‰. [2]

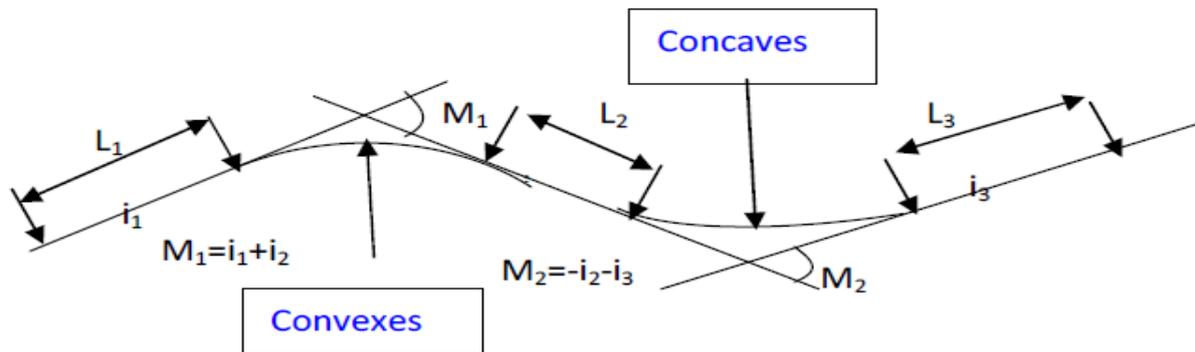


Figure IV. 1 : Eléments géométriques du profil en long [13]

IV.1.4. DECLIVITE MAXIMALE

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur. Les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées ci-après. Cependant dans le cadre d’une étude de variante, ces valeurs pourront être dépassées tout en respectant les dispositions reprises dans les règlements en vigueur.

En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.

En déclivité de longueur comprise entre 3000 m et 15000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.

En déclivité de longueur supérieure à 15000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰. [16]

Le diagramme ci-après précise la valeur de la déclivité en fonction de sa longueur d’application :

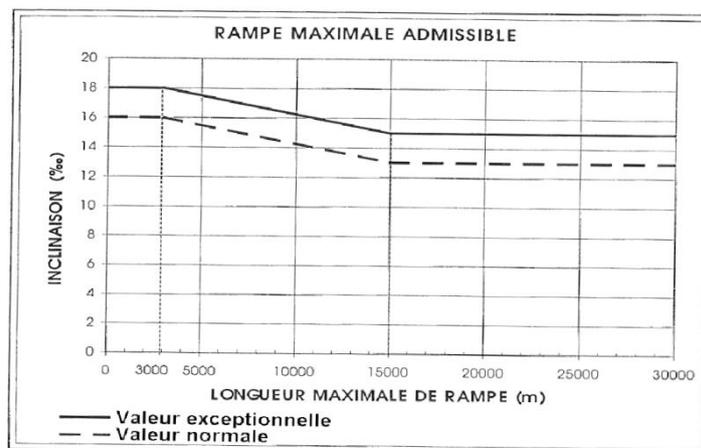


Figure IV. 2: Valeur de la déclivité en fonction de sa longueur [16]

IV.1.5. LONGUEUR MINIMALE DES DECLIVITES

Lors du passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit deux accélérations verticales brutales qui peuvent provoquer des oscillations très importantes aux véhicules, ce qui représente un malaise aux passagers ainsi que des dégâts possibles aux rails. Donc les déclivités doivent respecter les longueurs minimales suivantes : [18]

TableauIV. 1 : Valeurs de la longueur minimale des éléments [16]

Valeur minimale normale	$V_{\max}/2$
Valeur minimale exceptionnelle	$V_{\max}/2,5$

IV.1.6. RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG

C'est un arc de cercle qui assure la liaison entre deux déclivités de la ligne rouge. Il permet d'assurer le confort et la sécurité des voyageurs en réduisant les accélérations centrifuge due à la vitesse verticale des véhicules. [2]

Le rayon minimum a adopté pour le profil en long est également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation ($0,05 \text{ g} = 0,49 \text{ m/s}^2$) [18]. Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h) : [16]

TableauIV. 2: Valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter [16]

Valeur normale	$0,35 V_{\max}^2$
Valeur exceptionnelle	$0,25 V_{\max}^2$
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140 km/h (notamment les sauts de mouton)	$0,15 V_{\max}^2$

IV.1.7. COORDINATION PROFIL EN LONG-TRACE EN PLAN

Pour assurer une bonne coordination entre le profil en long et le tracé en plan, on doit vérifier certaine condition :

- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Lorsqu'une courbe en plan est mal coordonnée avec un rayon en point bas, le rayon rentrant doit être égal à au moins sept fois le rayon en plan.
- En angle rentrant (creux) on doit satisfaire la condition de confort et une vitesse très grande.
- Un sommet de profil en long ne doit pas être sur la clothoïde du tracé en plan.

- Eviter le placement d'une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan.
- Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé.
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité.

Le respect de ces conditions a pour but de :

- Distinguer clairement les dispositions des points singuliers ;
- Prévoir de loin l'évolution du tracé et assurer une bonne visibilité ;
- Garantir la sécurité des voyageurs et du matériel roulant ;
- Offrir du confort aux voyageurs. [15]

IV.2. OUVRAGES D'ART

IV.2.1. INTRODUCTION

Un ouvrage d'art est composé d'ouvrage indiquant les constructions, et d'Art indiquant l'importance de l'aspect esthétique et architectural dans ces constructions.

L'ouvrage d'art est un organe qui traverse un obstacle et doit réunir les conditions de circulation sûre et confortable. Autrement pour élaborer un meilleur tracé qui répond aux exigences techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire a projeté et le franchissement des différentes infrastructures existantes et aussi les cours d'eau, on doit favoriser cette nouvelle ligne des ouvrages d'art suivants :

- ✓ Ponts Rail.
- ✓ Tunnels ferroviaires.
- ✓ Ponts routiers.
- ✓ Passages inférieures (Ponts cadre) et passages supérieurs.
- ✓ Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots). [2]

IV.2.2. CRITERES DE CHOIX D'UN OUVRAGE D'ART

Dans tous les cas, le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées, ces conditions sont de deux sortes :

Données naturelles : topographie du terrain, écoulement des eaux, nature de sol, etc.

Exigences techniques : portée, programme de charge, gabarit, etc.

Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :

- ✓ La voie portée, ou l'obstacle franchi,
- ✓ Programme de charge,

- ✓ Gabarit,
- ✓ Tirant d'eau,
- ✓ Adaptation architecturale à la région,
- ✓ Sujétion à respecter pendant la construction. [21]

IV.2.3. CROISEMENT AVEC UNE ROUTE

En général, les problèmes de croisement doivent prendre en considération la nature et le débit de chaque voie traversée afin d'analyser cas par cas tous les types de croisements en fonction de la vitesse de base maximale.

On prévoit en effet, trois solutions possibles :

Passage supérieur : Si la vitesse des trains est importante ≥ 100 km/h et si la topographie ne le permet pas. [2]



Figure IV. 3: Passage supérieur [2]

Passage à niveau : Pour les routes de faibles débits. [2]



Figure IV. 4: Passage à niveau [2]

Passage inférieur de la route : Rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé). [2]



Figure IV. 5: Passage inférieur de la route [2]

IV.2.4. TUNNEL FERROVIAIRE

Un tunnel ferroviaire peut être défini comme un passage souterrain pour le transport de passagers, de marchandises, d'eau, d'égouts, de pétrole, de gaz, ou d'autres.

La construction d'un tunnel est normalement réalisée sans causer de grandes perturbations à la surface du sol. [21]



Figure IV. 6: Passage ferroviaire souterrain (tunnel saint Gothard -Suisse)

IV.2.4.1. Nécessité d'un tunnel

La nécessité de construire un tunnel peut survenir en raison de l'une des considérations suivantes :

Un tunnel peut être nécessaire pour éliminer la nécessité d'un itinéraire long et sinueux pour atteindre l'autre côté d'une colline, car cela réduirait considérablement la longueur de la ligne de chemin de fer et pourrait également s'avérer économique.

Il peut être économique de prévoir un tunnel au lieu d'une coupure, en particulier sur un terrain rocheux. Selon divers facteurs, un calcul approximatif indiquerait que pour une petite étendue de terrain, le coût de la construction d'un tunnel est égal au coût d'une coupe sur un terrain rocheux.

Dans les collines aux roches tendres, un tunnel coûte moins cher qu'une coupe. Un tunnel construit sous un lit de rivière peut parfois s'avérer plus économique et plus pratique qu'un pont...etc.

Le coût de maintenance d'un tunnel est considérablement inférieur à celui d'un pont ou d'une coupe en profondeur. [21]

IV.3. APPLICATION POUR NOTRE PROJET

IV.3.1. Profil en long

Pour notre projet :

- La pente maximale est de : 16 ‰
- La longueur minimale des déclivités est : $L_{\min} = V_{\max}/2 = 120/2 = 60 \text{ m}$.
- Le rayon vertical minimal est de $R_{\min} = 0,35 \times V_{\max}^2 = 0,35 \times 120^2 = 5040 \text{ m}$

On a dessiné le profil en long sur COVADIS en respectant ces limites et en prenant en considération les contraintes de site (oued Seybouse, routes, cours d'eau, lignes électriques, ...). Ce travail est présenté dans la figure IV.7 Ci-dessous.

Le tableau de listing des différents éléments géométriques du profil en long est fourni ci-dessous. Ce tableau montre qu'il y a au total :

- 8 pentes ;
- 6 rampes ;
- 8 rayons de raccordement concave ;
- 6 rayons de raccordement convexe.

L'ensemble des pentes et rampes ont des valeurs inférieures à 16‰ et les rayons de raccordement dépassent largement 5040 m. donc notre profil en long est conforme aux règles géométriques de chemin de fer.

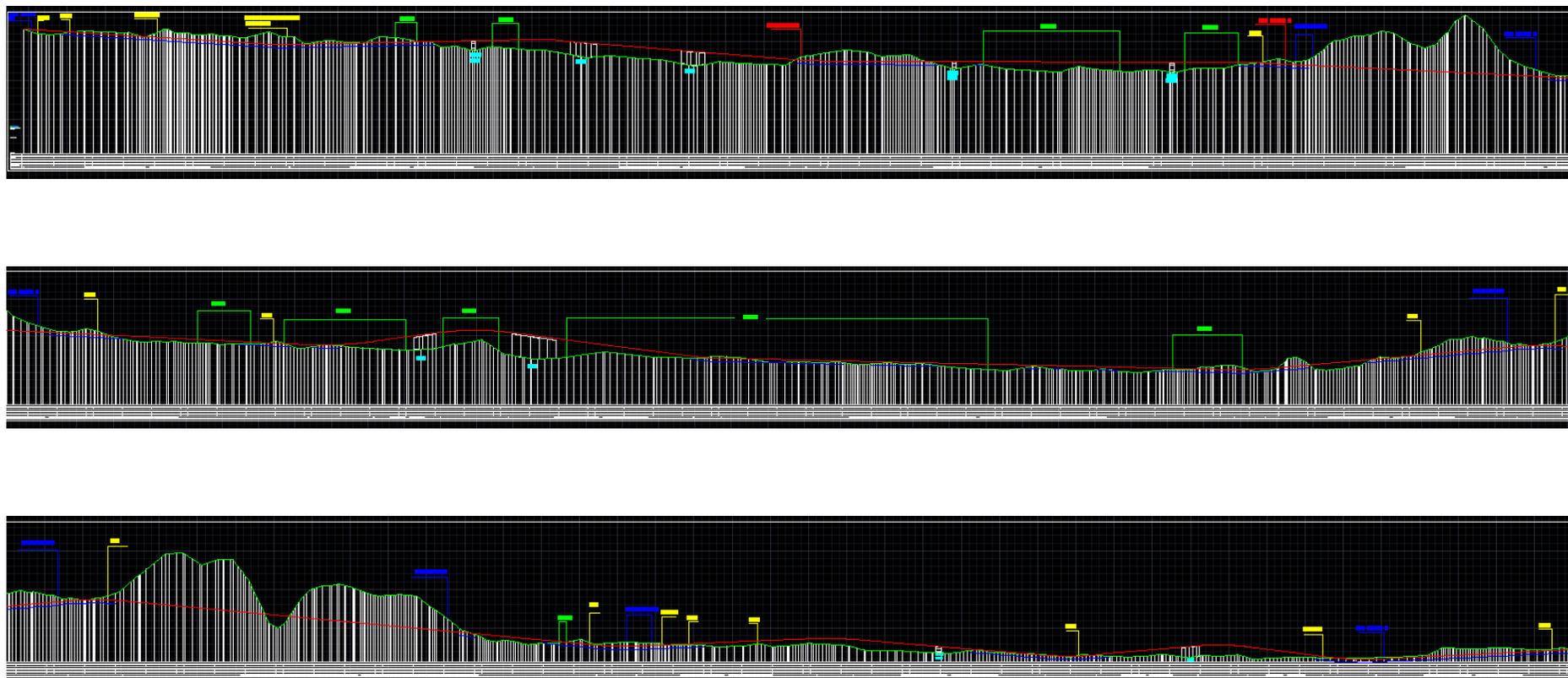


Figure IV. 7: Profil en long de la ligne ferroviaire dessiné sur COVADIS

COVADIS - LISTING DU PROFIL EN LONG DU PROJET

Nom du dessin : C:\Users\Acer E15\Desktop\covadis VP VL VT\VP et VL - Copie - Copie

Nom du listing : C:\Users\Acer E15\Desktop\covadis VP VL VT\ghdghhg.rtf

Date du listing : 24/04/2024 à 13:45:58

Profil en long : 1

Courbe projet : Proj 1

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	93.781	385458.683, 4039650.556	93.781
Pente = -6.04 ‰	1599.341	1599.371				
			1599.341	84.113	385277.169, 4041231.167	91.248
Arc de parabole	119.901	119.902				
Rayon = 15000.0						
S bas = 1690.009						
Z bas = 83.839						
			1719.243	83.868	385246.793, 4041347.158	88.737
Rampe = 1.95 ‰	1577.140	1577.143				
			3296.383	86.941	384776.310, 4042783.444	80.240
Arc de parabole	148.519	148.521				
Rayon = -15000.0						
S haut = 3325.616						
Z haut = 86.970						
			3444.902	86.496	384816.500, 4042926.423	78.788
Pente = -7.95 ‰	1607.709	1607.760				
			5052.611	73.711	385000.023, 4044475.626	76.433
Arc de parabole	136.576	136.577				
Rayon = 18000.0						
			5189.186	73.143	384950.327, 4044602.839	78.632
Pente = -0.36 ‰	2755.729	2755.729				
			7944.916	72.137	386077.816, 4046682.745	71.748
Arc de parabole	87.474	87.474				
Rayon = -20000.0						
			8032.390	71.914	386160.689, 4046710.740	73.035
Pente = -4.74 ‰	3591.369	3591.409				
			11623.759	54.896	389115.737, 4048666.611	52.658
Arc de parabole	452.483	452.493				
Rayon = 25000.0						
S bas = 11742.222						
Z bas = 54.616						
			12076.241	56.847	389402.477, 4049015.933	52.216
Rampe = 13.36 ‰	455.395	455.435				
			12531.636	62.931	389677.565, 4049378.853	52.804

Arc de parabole	470.594	470.608				
Rayon = -18000.0						
S haut = 12772.130						
Z haut = 64.538						
			13002.230	63.067	389972.376, 4049745.129	47.811
Pente = -12.78 ‰	1271.114	1271.218				
			14273.344	46.818	390914.361, 4050598.537	45.689
Arc de parabole	191.130	191.136				
Rayon = 18000.0						
			14464.474	45.390	391056.229, 4050726.616	46.506
Pente = -2.17 ‰	3527.041	3527.049				
			17991.515	37.754	391749.793, 4053906.892	40.299
Arc de parabole	216.969	216.971				
Rayon = 20000.0						
S bas = 18034.816						
Z bas = 37.707						

IV.3.2. Ouvrages d'art

Pour notre projet on a proposé 20 ouvrages d'art répartis comme suit :

- Cinq ponts et deux tunnels ferroviaires
- Neuf ponts en passages supérieures au niveau du croisement avec le réseau routier.
- Quatre dalots au niveau des cours d'eau.

Les positions des ouvrages d'art selon l'abscisse de l'axe en plan sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau IV. 3: Liste des ouvrages d'art pour notre projet

N°	Abscisses (m) Axe en plan	Obstacle franchi	Type d'ouvrage
01	100	Route	Passage supérieure
02	300	Route	Passage supérieure
03	2900	Cours d'eau	Dalot
04	3450 au 3700	Oued	Pont ferroviaire
05	4200 au 4400	Oued	Pont ferroviaire
06	6000	Cours d'eau	Dalot
07	7400	Cours d'eau	Dalot
08	7950	Route	Passage supérieure
09	8350 au 9550	Montagne	Tunnel ferroviaire
10	10200	Route	Passage supérieure
11	11400	Route	Passage supérieure
12	12300 au 12500	Oued	Pont ferroviaire
13	13050 au 13350	Oued	Pont ferroviaire
14	19300	Route	Passage supérieure
15	20300 au 22450	Montagne	Tunnel ferroviaire
16	24000	Route	Passage supérieure
17	24450	Route	Passage supérieure
18	25650	Cours d'eau	Dalot
19	26550	Route	Passage supérieure
20	27200 au 27400	Oued	Pont ferroviaire

CHAPITRE V:
Infrastructure ferroviaire
et
Profil en travers

V.1. INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE

La structure d'assise ou l'infrastructure de la voie est le soubassement d'une voie, autrement dit, la partie inférieure sur laquelle la voie repose. Elle sert à répartir sur la plateforme, les charges exercées par les traverses et amortir les vibrations de la superstructure, de plus elle contribue aux stabilisations longitudinales et latérales de la voie.

Les couches d'assises contribuent à assurer, par leur nature et leurs épaisseurs, le bon comportement de la voie ferrée des points de vue rigidité, tenue du nivellement et drainage. Elles comprennent la couche de ballast et la sous couche. [2]

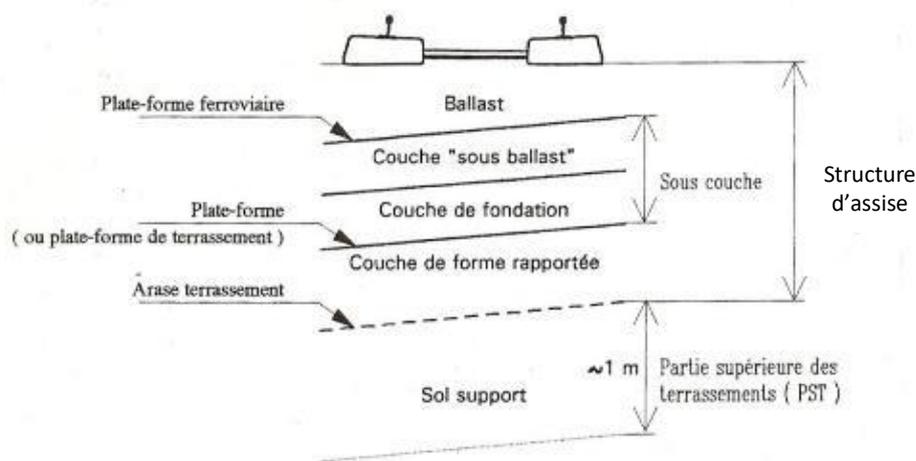


Figure V. 1 : Différentes couches d'assises d'une plateforme ferroviaire [20]

V.1.1. COUCHE DE BALLAST

Le ballast est un granulat de **31.5/50 mm** de granulométrie dans la construction de voies ferrées et provient de concassage de roches dures (granite, quartzite, grès, gneiss, etc. ...) dont **100 %** de la Surface des grains est entièrement concassée. [14]

Les épaisseurs de ballast sont indiquées ci-dessous :

Tableau V. 1: Les épaisseurs de ballast [16]

Épaisseur normale	0,30m
Cas des viaducs et tunnels	0,35m

Rôle du ballast

La transmission des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.

Le rôle du ballast est aussi d'enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement importante pour la technique des longs rails soudés.

Jeux le rôle d'un amortisseur de vibration très efficace grâce à sa propriété rhéologique (dissipation de l'énergie de vibration par attrition (contact des éléments)).

Assure en raison de sa granularité particulière le drainage et l'évacuation des eaux superficielle. [1]

Caractéristiques physiques

Granulométrie : on utilise en Algérie actuellement la classe 25/50 mm (selon SNTF).

Forme de granulats (Angularité et rugosité) : Avoir des arêtes vives et des surfaces rugueuses pour permettre la cohésion de la masse et assurer par le frottement Ballast/traverse le bon maintien en place de ces derniers.

Homogénéité des granulats : Un ballast hétérogène (âge et dureté différente) S'altère très rapidement.

Propreté des granulats : le ballast doit être exempt des éléments fins et débris.

Perméabilité : Assurer le bon écoulement de l'eau de pluie.

Densité : Afin de mieux lester la voie et résister aux différents efforts auxquels elle est soumise.

Caractéristiques mécaniques

Résistance à l'attrition : Sous l'effet des charges concentrées et des vibrations, les granulats du ballast subissent une usure par frottement aux points de contact entre eux, l'essai qui caractérise la résistance à l'attrition est appelé L'essai DEVAL (Effectué d'une part à l'état sec 'DS' et d'autre part à l'état humide 'DH').

DS > 14 (pierres dures) et DH > 6 selon document (SNTF).

DS > 12 (pierres carbonatées).

Résistance aux chocs : Sous l'effet de contraintes transmises au ballast, il se produit un frottement des granulats entre eux, et des chocs engendrés par les traverses et les bourroirs, donc pour mesurer la résistance combinée à la fragmentation par chocs et l'usure par frottement réciproque des granulats on réalise l'essai LOS ANGELES. Pour un ballast acceptable le coefficient 'LA' doit être inférieur à 25%.

La dureté : Afin de résister aux efforts reçus ainsi qu'à l'usure par abrasion du fait de vibrations engendrées par les charges roulantes. Elle est mesurée par une évaluation statique du double aspect de la résistance à l'attrition et aux chocs, elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale 'DRG', (il varie selon la nature des traverses et du trafic).

Résistance à la compression : Les contraintes verticales transmises au ballast peuvent lui provoquer des ruptures, en effet, les granulats doivent présenter une résistance à la compression suffisante, elle est mesurée à partir d'un essai en laboratoire, en Algérie (RC > 14 KN/cm², Document SNTF). [13]

V.1.2. SOUS COUCHE

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme, la sous-couche peut être mono ou multicouche. [1]

Elle comprend, du haut vers le bas :

Une couche sous-ballast (en grave graduée **0/31,5 mm**)

Une couche de fondation (en grave compactée a **100%OPM** mais cela n'est pas nécessaire pour le meilleur sol) et, s'il y a lieu **une couche anti-contaminant** (en sable propre et éventuellement complétée par une feuille géotextile). [21]

Rôles de la sous couche

Protection de la partie supérieure de la plate-forme contre l'érosion qui résulte soit, d'une part du poinçonnement opéré par les éléments du ballast, d'autre part de l'action des eaux zénithales.

Protection de plateforme contre les effets du gel.

Meilleure répartition des charges transmises, permettent d'obtenir au niveau de la partie supérieure de la plate-forme des sollicitations de valeurs admissibles, eu égard à l'indice de portance du sol. [13]

Éléments de la sous-couche

Couche sous-ballast

Elle est constituée de grave propre entièrement concassée 0/31,5 mm, compactée à 100% de l'optimum Proctor modifié (OPM). Elle comporte au moins 30 % de concassé. Cette couche est présente même sur les plates-formes rocheuses, où elle agit comme une couche stabilisatrice et aide à réduire la rigidité de l'assise.

Couche de fondation

Est une couche en grave propre bien graduée, et d'une épaisseur de 15 cm minimum. Elle est compactée à 95 % de l'optimum Proctor. Elle permet le déplacement des engins de chantier sans risque d'endommagement de la plate-forme.

Cette couche de fondation n'est généralement pas nécessaire pour des substrats rocheux ou des sols de bonne qualité.

Couche anti-contaminant

Cette couche est constituée de sable propre d'une épaisseur minimale de 15 cm. Elle sert à empêcher les remontées d'éléments fins depuis la plate-forme vers les couches d'assises supérieures.

Cette couche est optionnelle mais peut être doublée d'un tapis géotextile ou géo-membrane.

Remarque : La sous couche doit être posé en pente transversale afin de mener l'eau de pluie vers l'assainissement.

4% pente normale.

3% pente posée dans les zones de désert.

5% pente posée dans les zones littorales. [2]

V.1.3. LA PLATEFORME

La plate-forme est la partie supérieure du terrassement qui supporte la couche inférieure. Sols porteurs qui sont compactés au sommet pour former la couche supérieure. Pente transversale de 4 %. La plate-forme est constituée d'un remblai ou d'un remblai dans le cas d'un sol existant. [14]

La plateforme est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai.

Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme,
- D'apprécier la qualité de la plateforme complète : couche de forme + sol sous-jacent. [1]

V.1.4. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISES

Le dimensionnement des couches d'assise doit prendre en compte à la fois :

- Les problèmes de portance.
- Les problèmes de gel.

Du point de vue de la portance, l'épaisseur globale « ballast + sous ballast » dépend :

- De la classe de portance de la plate-forme.
- Du type de l'espacement des traverses.
- Des caractéristiques de trafic (tonnage supporté, charge d'essieu, vitesse). [13]

V.1.4.1. Classification de la plate-forme

On fait la classification de la plate-forme selon l'UIC (Fiche 719 R), Pour classer les plates-formes il faut tout d'abord connaître la classe de qualité de chaque sol composant la plateforme, puis estimer la classe de portance de la plate-forme.

Une bonne connaissance de la qualité de la plate-forme est nécessaire, car elle représente l'emprise au sol, et constitue la base de la voie ferrée. Pour bien remplir son rôle elle doit être stable et saine. [13]

- ❖ **Classe de qualité du sol support selon L'UIC (fiche UIC 719R)**

La classe de qualité d'un sol dépend des deux paramètres suivants :

1) Nature géotechnique du sol : à cet égard on utilise l'identification géotechnique évoquée au point.

2) Conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales : ces conditions, pour ce qui concerne l'influence sur la portance des sols, sont réputées bonnes si :

- La plate-forme n'est pas le siège de percolations naturelles nocives transversales, longitudinales ou verticales.
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plate-forme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.
- La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable).

Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises.

On distingue selon les conditions au-dessus soit bonnes ou mauvaises, quatre classes de qualité **si** de sol support :

S₀ = Sols impropre.

S₁ = Sols médiocres.

S₂ = Sols moyens.

S₃ = Bons sols. [2]

Tableau V. 2: Différentes classes de qualité des sols support (UIC 719R) [2]

S₀	Sols « impropre » à la réalisation d'une plate-forme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives (substitution du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.). Pour cette raison, ces sols ne sont pas mentionnés ici lors du dimensionnement des couches d'assise et des couches de forme.
S₁	sols « médiocres » acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié (traitement aux liants, par exemple).
S₂	Sols moyens
S₃	Bons sols

Tableau V. 3: Classification de la qualité des sols (UIC 719R) [2]

Classification des sols (Identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0.1 Sols organiques. 0.2 Sols fins (comportant plus de 15 % de fines) foisonnés, humides et donc non compactables. 0.3 Sols thixotropes (quick-Clay par exemple). 0.4 Sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse). 0.5 Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple). 0.6 Sols mixtes « minéraux organiques ».	S ₀
1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives Par exemple : Craies de $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité forte Marnes Schistes altérés 1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2) 1.4 Roches évolutives Par exemple : Craies de $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité faible 1.5 Roches tendres Par exemple : Si micro Deval en présence d'eau (MDE) > 40 et Los Angeles (LA) > 40	S ₁
2.1 Sols comportant de 5 à 15 % de fines 2.2 Sols comportant moins de 5 % de fines mais uniformes ($C_u \leq 6$) 2.3 Roches moyennement dures Par exemple : Si $25 < MDE \leq 40$ et $30 < LA \leq 40$	S ₂
3.1 Sols comportant moins de 5 % de fines 3.2 Roches dures Par exemple : Si $MDE \leq 25$ et $LA \leq 30$	S ₃

❖ Classe de portance des plateformes

La portance d'une plateforme dépend de la qualité du sol constituant le corps de remblai ou du sol en place en fond de déblai, et de la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsqu'elle existe).

On peut distinguer les trois classes de portance de plateforme suivantes :

P1 : plateforme médiocre.

P2 : plateforme moyenne.

P3 : plateforme bonne. [4]

Le Tableau au-dessous représente la classe de plate-forme en fonction de la classe de qualité du sol support : [2]

Tableau V. 4: Classification de portance des plateformes selon UIC719 [2]

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	Épaisseur minimale « e » (m)
S ₁	P ₁	S ₁	-
	P ₂	S ₂	0,50
	P ₂	S ₃	0,35
	P ₃	S ₃	0,50
S ₂	P ₂	S ₂	-
	P ₃	S ₃	0,35
S ₃	P ₃	S ₃	-

V.1.4.2. Épaisseurs minimales des plateformes

Les épaisseurs minimales des couches d'assises sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau V. 5: Epaisseurs minimales des plateformes

	Classe de qualité du sol support	Classe de portance de plate-forme recherchée	Ballast		Sous-couches				Géotextile	Couche de forme	
			Epaisseur selon la nature de la traverse		Epaisseur selon la nature de la traverse				Types selon la NGEF 2C20 n° 4		
			bois	béton	bois	bibloc U41	Mono-bloc	Autre bibloc		Epaisseur	Nature
Lignes nouvelle ou à grandes vitesses	S1 (ou Rt1)	P1	0.35	0.35	0.55	0.55	0.5	Al	0.30	normale	
		P2							0.50	en matériaux rapportée Rt2	
		P3							0.50	en matériaux rapportée Rt3	
	S2 (ou Rt2)	P2							0.30	normale	
		P3							0.50	en matériaux rapportée Rt3	
		S3 (ou Rt3)							P3	0.30	normale
Lignes parcourues à grandes vitesses (v>160 km/h)	S1 (ou Rt1)	P1	0.25	0.30	0.55	0.55	0.5	Al	0.3	normale	
		P3			0.2	0.2	0.2		0.5	en matériaux rapportée Rt3	
	S2 (ou Rt2)	P2			0.35	0.35	0.3		Al	0.3	normale
		P3			0.2	0.2	0.2		0.35	en matériaux rapportée Rt3	
	S3 (ou Rt3)	P3			0.2	0.2	0.2		0.3	normale	
		Groupes UIC 1-2. Parcourues vitesses normales (v<160 km/h)			S1 (ou Rt1)	P1	0.2		0.25	0.5	0.5
P2	0.35		0.35	0.3		0.5		en matériaux rapportée Rt2			
P2	0.35		0.35	0.3		0.35		en matériaux rapportée Rt3			
S2 (ou Rt2)	P3		0.2	0.2	0.2	0.5		en matériaux rapportée Rt3			
	P2		0.35	0.35	0.3	Al		0.3		normale	
	P3		0.2	0.2	0.2	0.35		en matériaux rapportée Rt3			
S3 (ou Rt3)	P3	0.2	0.2	0.2	0.3	normale					

V.1.5. GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE DU SITE DU PROJET

Les études géologiques et géotechniques sont nécessaires pour planifier les travaux d'une nouvelle ligne ferroviaire. Ces études permettent de repérer les défis des terrains traversés et de déterminer la faisabilité des différents tronçons. Le présent paragraphe vise à décrire globalement les caractéristiques géologiques et géotechniques de la zone traversée par le tracé ferroviaire Bouchegouf - Dréan, qui servira de base pour le dimensionnement de la plateforme ferroviaire.

V.1.5.1. Géologie du site

Une bonne analyse géologique est un élément fondamental de la qualité d'un projet et de la tenue ultérieure de la plateforme et doit intervenir bien en amont de toute étude pour contribuer au choix du tracé et à détecter ses points critiques. Il faut donc procéder à un inventaire complet des problèmes géologiques dans la bande retenue afin que le Tracé évite les difficultés de cette nature dans toute la mesure du possible et à bien connaître la nature du terrain qui servira d'assise pour le projet.

Par la connaissance du tracé e plan et du profil en long, le géologue précise son étude dans les zones d'ouvrages d'art et de grands terrassements. L'étude géologique s'est appuyée sur :

- ↪ Les cartes géologiques à l'échelle 1 :500.000.
- ↪ Les observations directes in-situ.
- ↪ Les données obtenues à partir des différents sondages stratigraphiques. [22] [23]

La région d'étude se trouve dans la partie du domaine des nappes des Flysch ce domaine est composé de deux types d'unités différentes :

- ↪ Les nappes mauritaniennes et massyliennes ;
- ↪ Les nappes numidiennes.
- ↪ Le tracé traverse des formations Secondaire, Tertiaire et Quaternaire, constituée de matériaux quaternaires formés essentiellement de sables, argiles, graviers, conglomérats et de terrasses alluvionnaires des oueds (Oued Seybouse). [24]

V.1.5.2. Géotechnique du site

L'étude géotechnique sert à ranger les terrains suivant un classement des sols qui permettra, compte tenu du régime hydraulique, de la profondeur de gel et des contraintes d'exploitation ferroviaires, de déterminer la classe de la plateforme nécessaire au dimensionnement de la structure d'assise afin d'établir une table de correspondance indispensable au mouvement des terres, qui détermine les sols réutilisables en tout temps, ceux qui sont à mettre en dépôt définitif et enfin ceux pouvant être employés suivant certaines conditions. En dehors des essais d'identification, on procède à des essais de

compression simple, cisaillement, compression triaxiale, essais œdométriques, qui permettent de calculer la stabilité des ouvrages en terre, les tassements des terrains sous les remblais et les pentes à donner aux talus de déblais et de remblais. Des essais in situ viennent compléter l'étude géotechnique en vue de déterminer la portance des ouvrages d'art.

Les caractéristiques géotechniques des terrains traversés par le tracé du tronçon entre ont été synthétisés dans les tableaux suivants. Ils ont été obtenus à partir de la réalisation des sondages stratigraphiques à carottage continu. Tel que les points de forage sont fixés dans les zones suivantes :

- ❖ Zones pour lesquelles la formation géologique ainsi que la nature et la texture des roches ne peuvent pas être déduites d'une cartographie.
- ❖ Zones pour lesquelles les propriétés géotechniques des sols doivent être déterminées par des tests in-situ et en laboratoire.
- ❖ Zones pour lesquelles des structures importantes du tracé (comme les culées, piles, hauts remblais et les déblais profonds) seront implantées. [21]

Six unités géotechniques englobent les formations traversées par la ligne ferroviaire. Elles sont présentées dans les tableaux suivants.

Tableau V. 6: Caractéristiques géotechniques de l'Argile Limoneuse

	W	Niveau piézométrique	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%		
					w _L	w _p	I _p	<2 mm	< 80µm	<2 µm
	(%)	m	δd(t/m ³)	δh(t/m ³)	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)
min	9.30	1.50	1.41	1.77	19.00	6.00	5.00	50.31	27.91	1.24
max	31.40	10.60	2.16	24.30	69.00	33.00	59.00	100.00	100.00	74.71
moyenne	18.74	6.70	1.75	2.79	38.25	18.57	19.70	94.62	75.31	22.71

Tableau V. 7: Caractéristiques géotechniques de Grés en section des tunnels

	W	Niveau piézométrique	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%		
					w _L	w _p	I _p	<2 mm	< 80µm	<2 µm
	(%)	m	δd(t/m ³)	δh(t/m ³)	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)
min	1.26	4.80	1.47	1.85	16.41	10.40	6.01	37.00	8.61	1.80
max	26.02	10.20	2.52	2.45	51.00	29.00	24.00	100.00	99.80	38.50
moyenne	13.38	7.15	2.06	2.18	38.06	21.51	16.54	83.92	68.16	8.52

Tableau V. 8: Caractéristiques géotechniques de Colluvion

	W	Niveau piézométrique	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%		
					w _L	w _p	I _p	<2 mm	< 80µm	<2 µm
	(%)	m	δd(t/m ³)	δh(t/m ³)	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)
min	13.50	6.00	1.52	1.73	32.00	16.00	16.00	94.00	84.30	20.90
max	18.86	6.00	1.75	2.09	46.84	26.00	22.19	100.00	98.50	31.80
moyenne	17.05	6.00	1.62	1.90	41.61	22.22	19.40	98.00	90.05	26.35

Tableau V. 9: Caractéristiques géotechniques de Sable et sable argileux

	W	Niveau piézométrique	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%		
					w _L	w _p	I _p	<2 mm	< 80µm	<2 µm
	(%)	m	δd(t/m ³)	δh(t/m ³)	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)
min	11.88	vide	1.52	1.70	26.64	12.14	14.00	29.00	12.60	2.50
max	18.92	vide	1.85	2.14	38.00	21.00	17.00	99.78	85.05	43.65
moyenne	15.72	vide	1.73	2.01	30.88	15.71	15.17	66.40	42.74	19.55

Tableau V. 10: Caractéristiques géotechniques de Marne

	W	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%		
				w _L	w _p	I _p	<2 mm	< 80µm	<2 µm
	(%)	δd(t/m ³)	δh(t/m ³)	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)
min	10.65	1.49	1.86	37.00	14.00	16.00	84.00	72.80	1.44
max	25.15	2.10	23.08	61.00	28.00	33.00	99.90	98.90	47.30
moyenne	16.30	1.83	5.38	45.99	21.16	24.83	95.93	90.76	14.60

Tableau V. 11: Caractéristiques géotechniques de l'alluvion

	W	Niveau piézométrique	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%		
					w _L	w _p	I _p	<2 mm	< 80µm	<2 µm
	(%)	m	δd(t/m ³)	δh(t/m ³)	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)
min	16.80	5.60	1.80	2.11	26.00	10.00	15.00	56.70	44.50	0.99
max	16.80	5.60	1.80	2.11	41.00	24.00	17.00	94.18	49.98	14.90
moyenne	16.80	5.60	1.80	2.11	33.00	17.00	16.00	80.03	47.64	5.62

Après une analyse des positions de chaque unité, il a été conclu que :

- ❖ La reconnaissance géotechnique dans le secteur des déblais montre que le sol support est dominé par la première unité géotechnique (Argile Limoneuse) de classe « A2 » et qualité S1.
- ❖ La reconnaissance géotechnique dans le secteur des remblais de hauteurs variables montre que le sol support est dominé par les différentes unités géotechniques précédentes de classe « A2th », « B3 » et « B2 » ce qui donne une qualité « S1 » et « S2 ».
- ❖ Pour la couche de forme il est recommandable de sélectionner des sols de meilleure qualité, notamment des sols des classes B3, CiBi, D2, D3, R21 et R41 de la classification GTR et par sols avec des matériaux passant à $80 \mu \leq 12\%$.

V.1.6. APPLICATION AU PROJET

Les données :

Sol en Argile Lumineuse (AL) :

- $I_p = 19.70$.
- Passant $>0.08 \text{ mm} = 75.31 \%$.
- Passant $>2 \text{ mm} = 94.92 \%$.
- Période de l'été (cas défavorable).

●Classification du sol support:

$I_p = 19.70$ Alors : $12 < I_p \leq 20$ Donc : Classe A (sol fin) $\rightarrow A_2m$.

Classe de qualité est : S_1 .

●Classe de portance de plateforme :

- Classe de qualité du sol support : S_1 .
- Qualité de la couche de forme : **Normale (S_1)**.
- Classe de portance de la plateforme est : P_1 .

●Epaisseurs minimales des plateformes :

Classe de qualité est : S_1 .

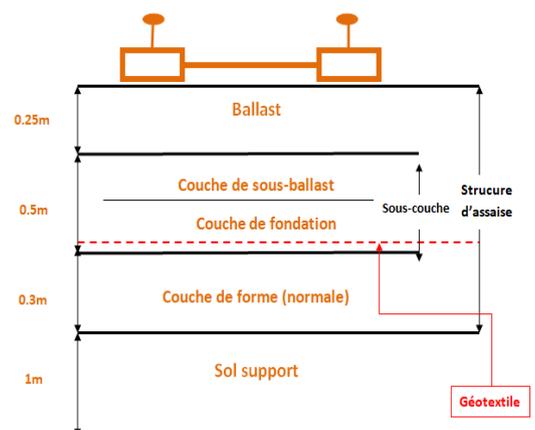
Classe de portance de la plateforme est : P_1 .

Epaisseur de ballast est : **0.25m** (traverse en béton).

Epaisseur de sous-couches est : **0.5m** (traverses bi-bloc).

Epaisseur de couche de forme est : **0.3m**.

Géotextile.



V.2. PROFIL EN TRAVERS

V.2.1. INTRODUCTION

Le profil en travers est la coupe transversale d'une voie ferrée, menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. L'échelle la plus fréquemment utilisée est celle de 1/100. On aperçoit deux types de profil en travers :

Profil en travers type :

Est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la voie notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

Profil en travers courant :

Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, les éléments de la superstructure, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches, système d'évacuation des eaux, ...etc.). [2]

V.2.2. ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE

Le profil en travers type doit nous indiquer tous les éléments suivants :

Eléments de superstructure :

- ✓ Le type de rail utilisé.
- ✓ La valeur de l'écartement de la voie.
- ✓ La distance entre les axes (cas de plusieurs voies).
- ✓ Le type de traverse utilisé.
- ✓ Poteaux caténaires et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées).
- ✓ La valeur de devers en courbe (maximum).
- ✓ L'épaisseur de la couche de ballast.
- ✓ La longueur de repoussées de ballast.

Eléments de l'infrastructure :

- ✓ Les pentes transversales de chaque couche.
- ✓ La pente latérale de la plate-forme.
- ✓ Les épaisseurs et les nominations de chaque couche.

Eléments du talus (remblai ou déblai) :

- ✓ La pente de chaque talus.
- ✓ Les ouvrages de consolidation éventuelle telle que les murs de soutènement.

Éléments d'assainissement :

- ✓ Type et dimensions des fossés (assainissement longitudinale).

Éléments de protection de la voie :

- ✓ Butée en terre en cas d'ensablement.
- ✓ Ecrans de protections contre les chutes de pierres. [13]
- ✓ Le profil type SNTF est présenté dans la figure ci-après. [4]

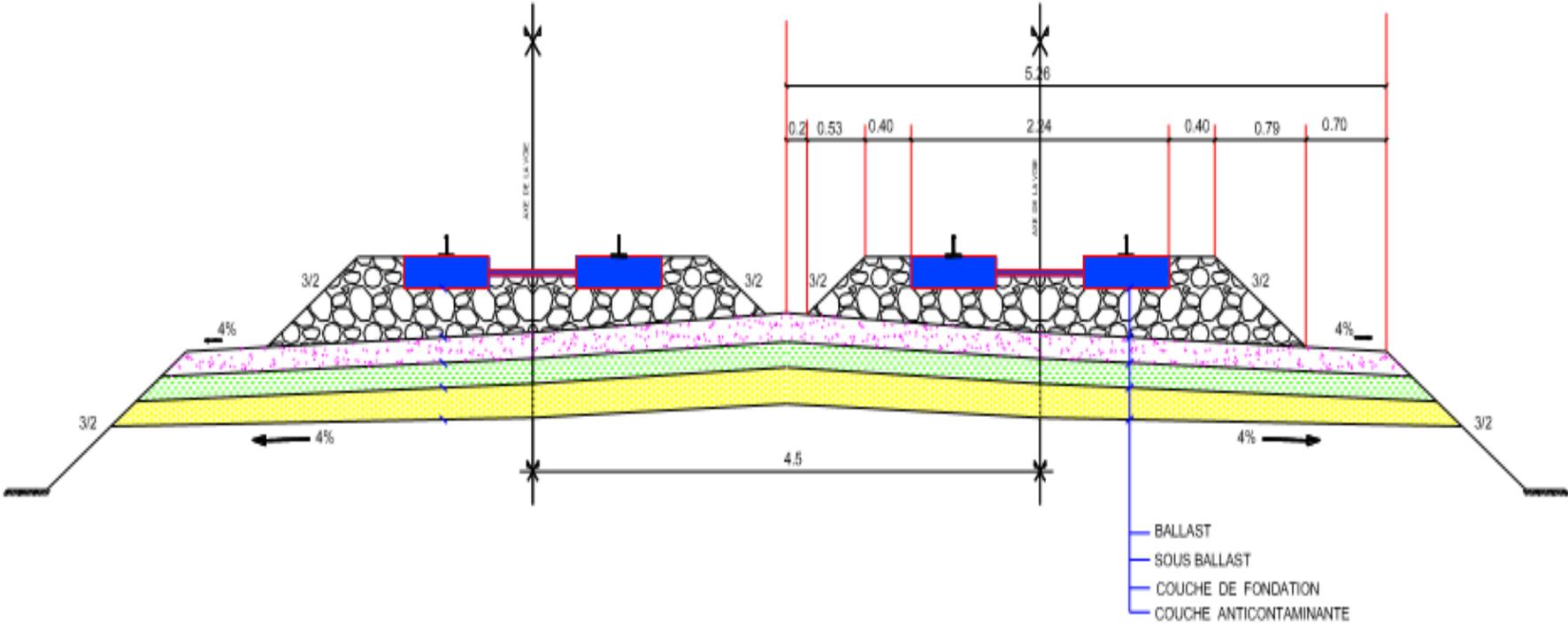


Figure V. 2: Profil en travers type SNTF [4]

V.2.3. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS COURANT

Plateforme :

C'est l'élément sur laquelle se repose la voie elle joue un rôle primordial dans la tenue de la voie. Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la voie et les accotements. En outre, elle draine les eaux de surface pour les écouler à l'extérieur.

Assiette :

C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.

L'emprise :

La surface du terrain naturel appartenant à la collectivité, c'est à dire dans les limites du domaine public, comprend la plate-forme, les talus et les fossés ou ouvrages.

Voie :

C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains.

Berme :

Elle supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

Fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie. [2]

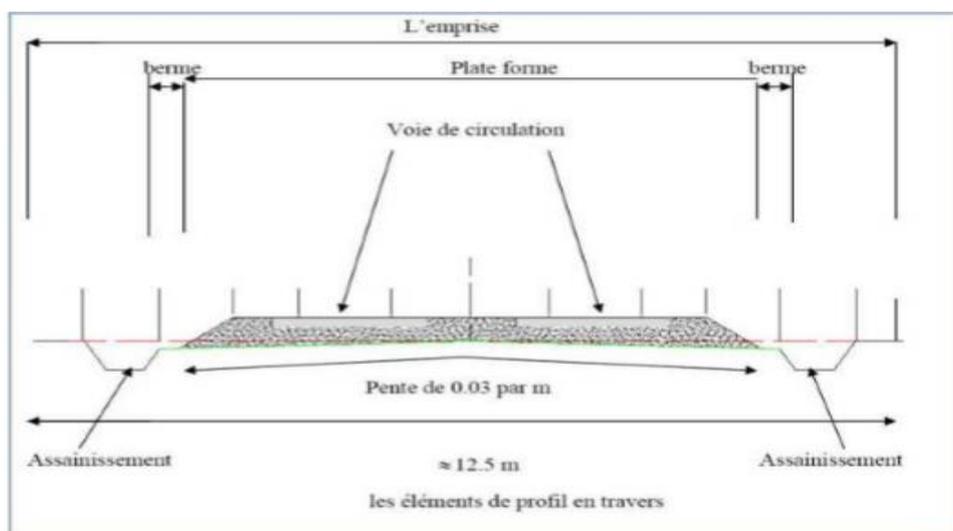


Figure V. 3: profil en travers courant [15]

V.2.4. PROFIL TYPE DE NOTRE PROJET

Notre projet comporte une ligne à double voie mixte électrifiée, on a opté pour les sections types exigées par la SNTF :

- ✓ Type de ligne : ligne mixte (voyageurs et marchandises).
- ✓ Ecartement de la voie : **1.435 m** (universel)
- ✓ Largeurs de la plate-forme : **13.6 m**
- ✓ Pente latérale de la plate-forme : **4 %**
- ✓ Pente latérale de la couche de ballast : **2/3**
- ✓ Epaisseur du ballast : **0.25 m**
- ✓ Epaisseur du sous-ballast : **0.25 m**
- ✓ Epaisseur de la couche de fondation : **0.25 m**
- ✓ Epaisseur de la couche de forme : **0.3 m**

V.2.5. CALCUL DES CUBATURES

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, parmi eux, on peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

Aucune de ces méthodes donnent de résultats exacts, pour rapprocher de l'exactitude on doit majorer les résultats avec une certaine marge d'erreur (selon l'appréciation de l'ingénieur), les résultats obtenus par COVADIS sont présentés dans le tableau suivant. Ils seront utilisés pour l'estimation du cout de projet. [13]

Tableau V. 12: les volumes des déblais et remblais des terrassements

Volume de déblais (m ³)	Volume de remblais (m ³)
1009225.199	774339.622

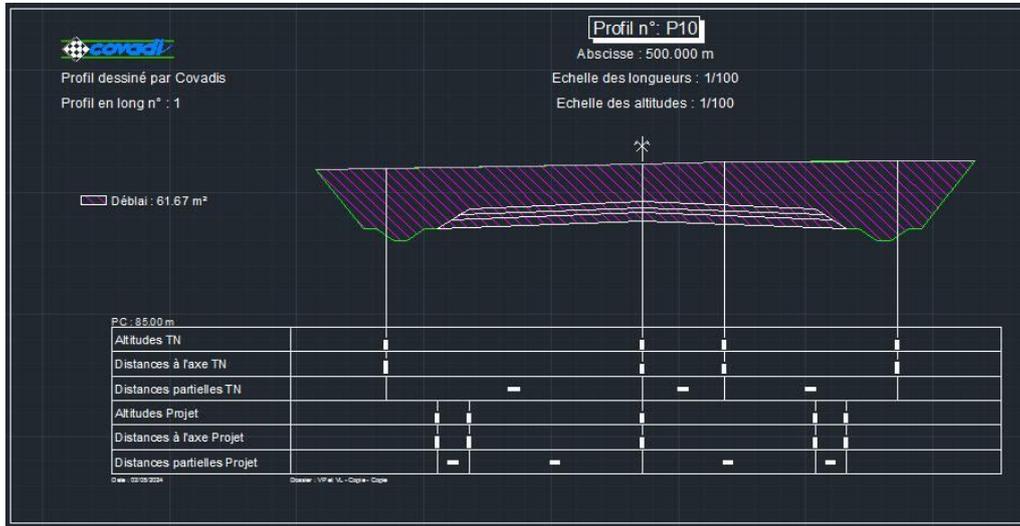


Figure V. 4: Profil en travers (déblai)

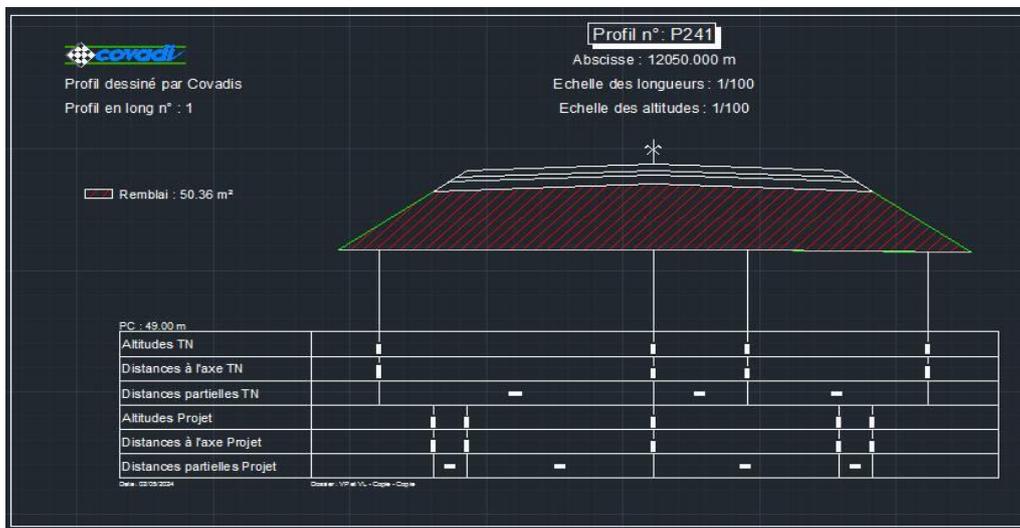


Figure V. 5: Profil en travers (remblais)

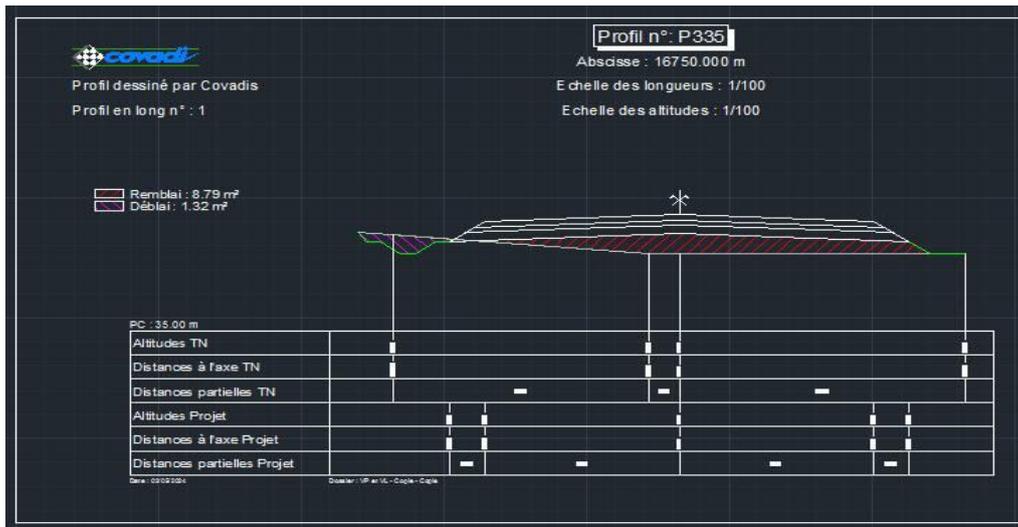


Figure V. 6: profil en travers (mixte)

Tableau V. 13: Les volumes des couches d'assises

Nom de la matière	Volume (m ³)
Ballast	112042.94 m³
Sous-ballast	86605.36 m³
Couche de fondation	65396.57 m³
Couche de forme	134447.5 m³

Tableau V. 14: Les volumes des déblais des tunnels 1 et 2

Ouvrages d'art	Volume (m ³)
Tunnels 1 (1200 m)	135000
Tunnels 2 (1800 m)	202500

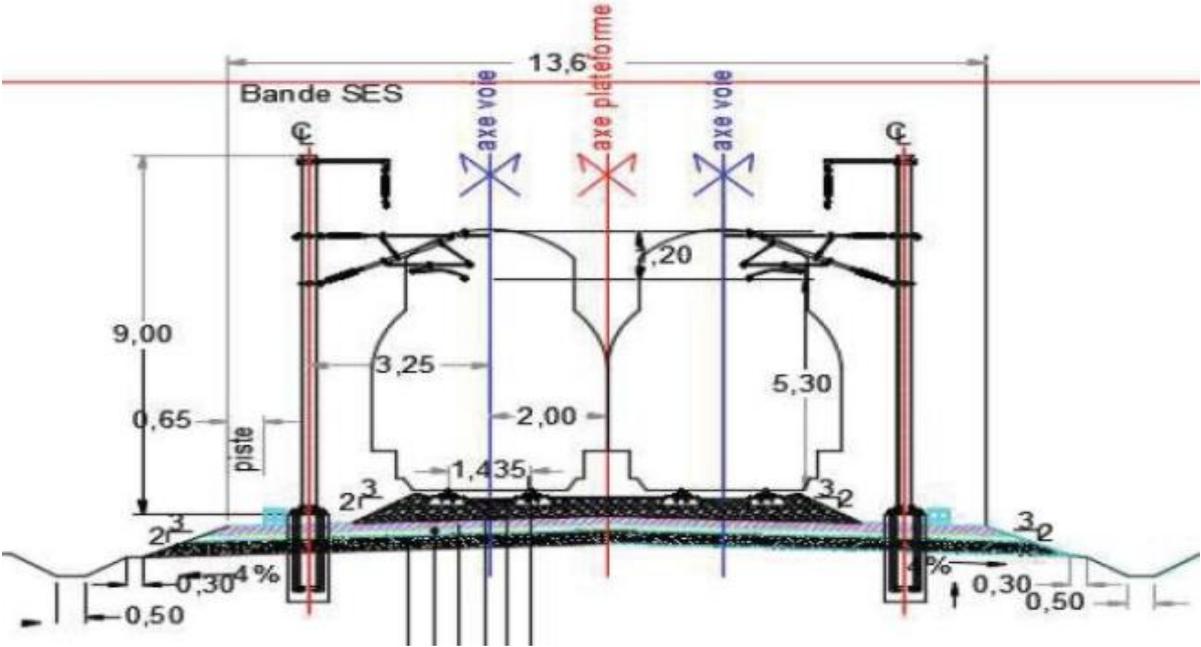


Figure V. 7: Eléments du profil en travers d'une ligne à double voies [2]

CHAPITRE VI:

SUPERSTRUCTURE FERROVIAIRE

VI.1. INTRODUCTION

La superstructure de chemin de fer est un ensemble d'éléments de nature différente dont les caractéristiques physique et mécanique ne sont pas les même. L'exploitation des voies ferrée réclame que certaines voies se coupent et que d'autres puissent communiquer entre elle. Pour cela on met en place des dispositifs connus sous le nom d'appareils de voie, ce sont les branchements et les traversées.

Chaque voie de chemin de fer à ces propres paramètres qui servent à définir des caractères de cette dernière qui sont :

- ✓ Le type de rail utilisé (poids, longueur, section).
- ✓ Le mode de fixation des rails aux traverses.
- ✓ La longueur des rails en voie (barres normales éclissées ou LRS).
- ✓ L'écartement des rails, et les tolérances admises.
- ✓ Le type et la densité des traverses (travelage).
- ✓ Le tracé en long (rayons de courbure et dévers).
- ✓ Le tracé en profil (pente ou rampe).
- ✓ Le support (ballast ou béton).
- ✓ La charge admise par mètre courant ou à l'essieu.
- ✓ La vitesse des trains (voies à grande vitesse). [13]

VI.2.CONSTITUANTS DE LA SUPERSTRUCTURE FERROVIAIRE

La superstructure ferroviaire est l'ensemble des éléments qui se trouve au-dessus de la couche de ballast. Elle se compose de deux filles de barres en acier appelés « rails » posées sur des supports transversaux nommés « traverses » fixé par des « attaches ». Pour permettre la ramification et la jonction des voies on utilise « Les appareils de voie ». [25]



Figure VI. 1: Constituants de la superstructure de la voie ferrée

VI.2.1. Les rails

Les rails sont des longues barres d'acier profilées. Deux files parallèles de rails mis bout à bout forment la voie sur laquelle circulent les véhicules ferroviaires, en particulier les trains et les tramways. [14]

VI.2.1.1. Types des rails

Rail Vignole

Ce rail couramment désigné sous le nom de Vignole, se caractérise par une base élargie qui permet une fixation facile sur la traverse. Il est fixé sur les traverses, soit directement, soit par l'intermédiaire de selles métalliques. Sa forme est largement conditionnée par la nécessité d'assemblage des rails entre eux, c'est-à-dire par le problème de l'éclissage, ce qui conduit souvent, dans les raccordements entre champignon et âme, à une forme contradictoire avec une bonne résistance du profil aux efforts.

Ce type est généralement utilisé pour le cas des trains de transport de marchandise et de transport de voyageur à longue distance. Le profil est composé de :

- ❖ Champignon : Courbure pour le contact roue-rail et masse pour fretter la zone de contact.
- ❖ Ame : Raccord avec portées d'éclissage.
- ❖ Patin : Largeur pour transfert de charge à la traverse, portée d'éclissage et zones.

Il y a de multiples profils allant de 30 à 60 kg/ml. La forme de type de rail Vignole est représentée dans la figure. Le poids par mètre linéaire de rail selon UIC 60 est de 60,3 kg/ml, et selon UIC 54 et de 54,4 kg/ml. Ces rails sont généralement fournis en longueur de 18 m (acier de nuance 900 A). [1]

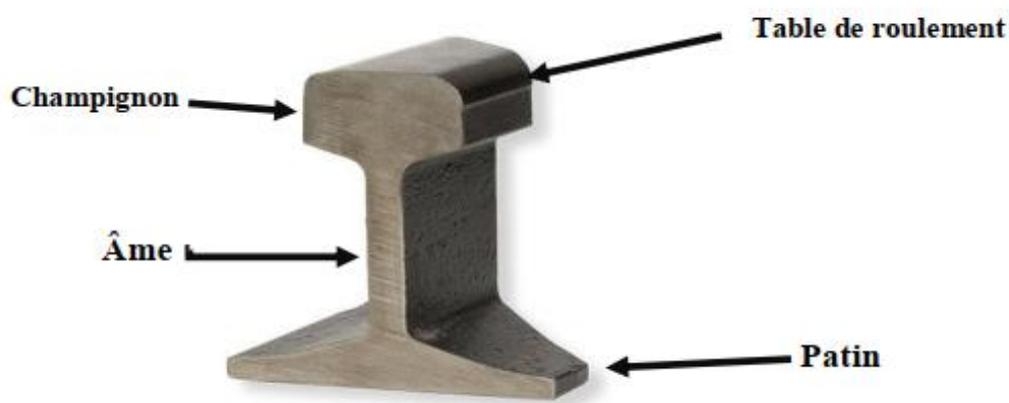


Figure VI. 2: Rail de type Vignole [21]

Rails type gorge

Les rails à gorge (type « Broca ») sont utilisés pour les voies encastrées dans des chaussées routières, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway. [26]



Figure VI. 3: Rail type gorge

VI.2.1.2. Ecartement des rails

L'écartement des rails c'est la distance qui sépare les flancs internes des deux files de rail d'une voie ferrée, Conformément au règlement UIC l'écartement normal des rails seront comme suit :

- ❖ En alignement 1435 mm, avec une erreur de + 0 à + 2 mm.
- ❖ En courbe $80 < R < 150$ m 1434,5 mm, avec une erreur de + 0 à + 2 mm.
- ❖ En courbe $R < 80$ m 1430 mm, avec une erreur de + 0 à + 2 mm. [1]

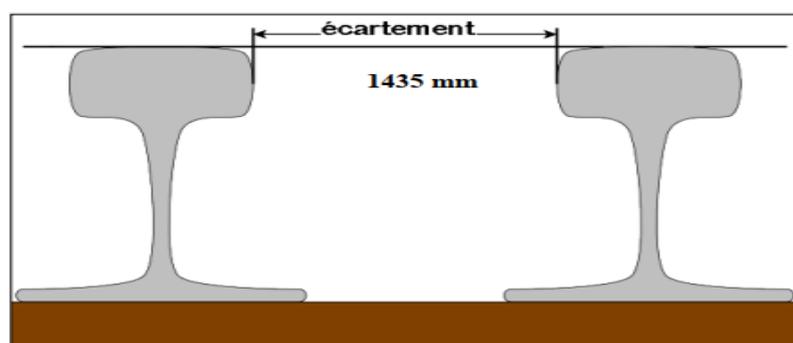


Figure VI. 4: L'écartement standard des rails [2]

VI.2.1.3. Assemblage des rails

Il existe deux types d'assemblages : l'éclissage et soudure.

L'éclissage

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses. L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- ❖ Relier les rails de façon de se comporter comme une poutre continue.
- ❖ Avoir la même qualité d'acier que le rail.
- ❖ Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre. [27]

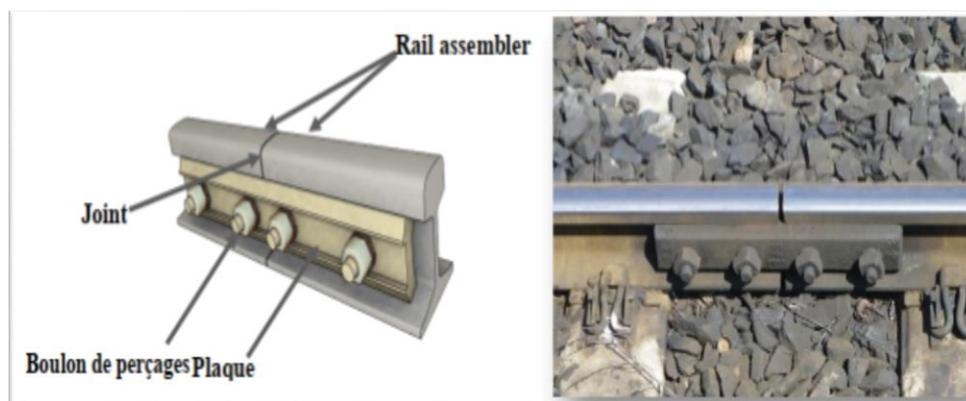


Figure VI. 5: assemblage des rails par éclissage [15]

Soudures ou Les longs rails soudés (LRS)

Appelée aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, Ces barres longues sont posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique ou soudure électrique.

- Soudage par forgeage électrique

Il est réalisé à poste fixe ou à l'aide de machines mobiles. Le matériau à rail est chauffé et soudé par courant électrique, aussi le cordon de soudure est réalisé par le matériau que les rails. Ce type de soudage est pratiqué en atelier pour construire des barres longues. Le temps requis pour le soudage est de 3min/soudure. Les avantages de ce type de soudure :

Absence de matériau étranger.

Expulsion des impuretés (oxydes) lors du forgeage.

Répartition uniforme de la dureté grâce à une zone de réchauffement courte (30-40 mm).

Procédé de soudage entièrement mécanisé, ce qui résulte un soudage constant et régulier, de bonne qualité et absence de défauts dus à la fatigue ou le manque de concentration dusoudeur.



Figure VI. 6: Soudure électrique des LRS

- Soudage aluminothermique

C'est un processus d'oxydation exothermique de l'aluminium avec du fer ou de l'oxyde ferrique. Des additifs supplémentaires et des matériaux d'alliage spécifiques transforment le fer. Ce type de soudage est pratiqué sur site pour le raccord en voie des barres longues ou des appareils de voie, et il ne nécessite que des moyens légers.

Les rails à souder sont alignés en laissant un espace précis entre leurs extrémités. Des moules sont ajustés autour du joint entre deux rails le processus récent fait appel à un creuset jetable. Le temps requis pour le soudage est de 20min/soudure.



Figure VI. 7: Soudure des LRS

La finition des soudures est obligatoire afin d'obtenir une continuité parfaite du profilé de rail et elle consiste à éliminer toute les bavures issues de la soudure aluminothermique et cela demande l'emploi de différent appareilles comme l'ébavureuse hydraulique et la meuleuse de profil.

Les travaux de pose et de soudage sont suspendus lorsque des conditions atmosphériques anormales surviennent, notamment lorsque la température mesurée au rail dépasse + 45°C.[27]

Les principaux avantages des LRS :

- Réduction des couts de maintenance.
- Réduction des défauts et d'usure de rail.
- Diminution du bruit et des émissions sonores.
- Mécanisation plus facile de la pose et de la maintenance de la voie.

Les principaux inconvénients des LRS sont :

- Risque de déformation par flambement de la voie sous les contraintes de compression excessives lors de périodes de très fortes chaleurs.
- Risque plus grand par rapport aux barres normales de rupture de rail lors des périodes de grand froid.
- Utilisation de quantités de ballast plus importantes afin de mieux ancrer les traverses. [19]

VI.2.1.4. Défaut des rails

On distingue trois catégories de défaut de rails :

Rail avarié : rail ni fissuré ni rompu qui présente d'autre défauts généralement situés en surface. [21]



Figure VI. 8: Cas d'un rail avarié [21]

Rail fissuré : rail présentant, en un point quelconque de sa longueur et quelles que soient les parties intéressées du profil, une ou plusieurs solutions de continuité, d'orientation quelconque, visibles ou non, dont le développement risque d'entraîner une rupture à échéance plus ou moins rapprochée. [21]



Figure VI. 9: Cas d'un rail fissuré [21]

Rail rompu : tout rail qui s'est séparée en deux morceaux ou plus et tout rail dont un fragment de métal s'est détaché en provoquant sur la table de roulement une lacune de plus de 50 mm de longueur et 10 mm de profondeur. [19]



Figure VI. 10: .cas d'un rail rompu [21]

VI.2.2. Les traverses

Une 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 (Les traverses assurent l'inclinaison au 1/20 du rail), et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails. On utilise principalement des traverses en bois, en béton ou métalliques[21]. On distingue trois types de traverses qui sont détaillés dans ce qui suit.

VI.2.2.1. Traverses en bois

Elles sont fabriquées à partir du bois de chaine ou hêtre qui sont appréciés pour leur résistance, leur flexibilité et la facilité de leur mise en œuvre, mais leur durée de vie est courte (20 à 30 ans). Pour maintenir les traverses en bois dans un bon état le long de leur durée de vie, on procède à un traitement chimique avec de la créosote sous pression. Dans nos jours l'utilisation des traverses en bois est limitée dans les zones de croisement des rails pour leur facilité de pose dans ces zones. Il faut savoir que les traverses en bois ne sont pas utilisées fréquemment à cause de leur effet négatif sur l'environnement et leur coût élevé.

Leurs dimensions usuelles sont de 2,6 m de long, 25 cm de large et 15 cm d'épaisseur. [21]



Figure VI. 11: Voie avec travers en bois

VI.2.2.2. Travers métalliques

Les travers métalliques, fabriquées en acier, ne sont plus guère utilisées. Elles sont bruyantes, surtout à vitesse élevée, s'ancrent moins bien dans le ballast à cause de leur légèreté. Elles rendent également très difficile l'entretien de la géométrie de la voie par bourrage. En effet, leur forme ne permet pas aux bourreuses d'insérer du ballast sous la traverse. [21]

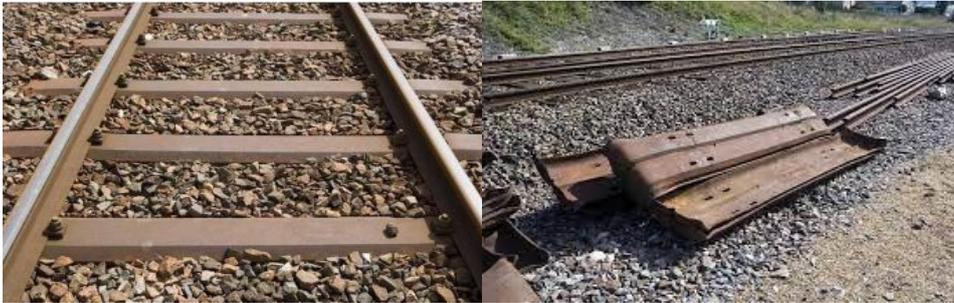


Figure VI. 12: Travers métalliques [21]

VI.2.2.3. Travers en béton armé

Les travers en béton armé ont une durée de vie plus importante et elles sont moins cher comparativement aux deux premiers types. Elles sont les plus répandues dans le monde à cause de leur poids important qui assure un bon ancrage de la voie dans le ballast. La fixation des rails sur ce type de travers est facile à réaliser et à entretenir. Il en existe deux types :

Bibloc : formées de deux blocs de béton (appeler blochets) reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse. Les traverses bibloc exigent un entretien supplémentaire, afin d'assurer que les blocs ne réagissent différemment et modifie les caractéristiques du gabarit. [21]



Figure VI. 13: Travers en béton armé Bibloc [21]

Monobloc : en béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance [21]. Elles sont utilisées pour les lignes ferroviaires de grande vitesse et de forte charge de trains marchandises.



Figure VI. 14: traverse béton armé Monobloc [21]

VI.2.3. Les attaches

Une attache est un appareil qui sert à fixer le rail sur les traverses pour l'empêcher de tout déplacement. Une attache est dite « **rigide** » si du fait du manque de souplesse des matériaux la constituant, elle n'accompagne pas le mouvement vertical du rail lors du passage des roues. Elle assure un bon maintien transversal du rail mais ne garantit en rien son maintien longitudinal, lui permettant ainsi de « cheminer », c'est à dire de se déplacer vers l'origine ou l'extrémité de la ligne sous les sollicitations de la dilatation ou des forces de freinage ou d'accélération des convois des trains.

Contrairement à l'attache rigide, l'attache dite « **élastique** » continue à assurer le maintien du rail lorsque celui-ci s'affaisse sous la charge des circulations. Elle s'oppose donc à son cheminement longitudinal et peut être utilisée pour la pose de **LRS**. [21]

VI.2.3.1. Attaches rigides

a) Attaches sur traverses en bois

Les rails sont fixés sur des traverses en bois à l'aide de types de fixations simple sur des plaques des support tels que. [23]

Crampons

Le crampon a une forte résistance latérale ; il maintient donc bien l'écartement de la voie ; il est facile à poser. Par contre, il serre mal le patin sur la traverse. [21]



Figure VI. 15: Attaches sur traverses en bois type Crampons [21]

Le tirefond

Le tirefond est moins résistant que le crampon et se couche plus facilement mais on obtient une adhérence parfaite du rail sur la traverse. [21]

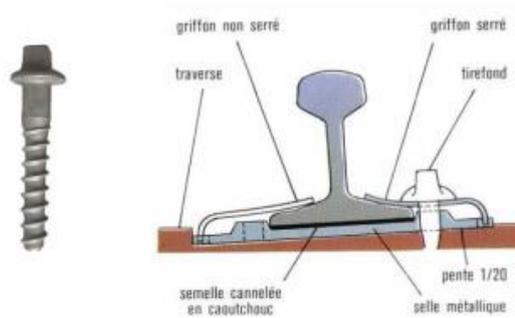


Figure VI. 16: Attaches sur traverses en bois-type tirefond [21]

b) Attaches sur traverses métallique

Sur traverses métalliques le rail est fixe à l'aide de boulons qui prennent appui sur les crapauds fixant le patin du rail dans les conditions indiquées à la figure suivante : [21]

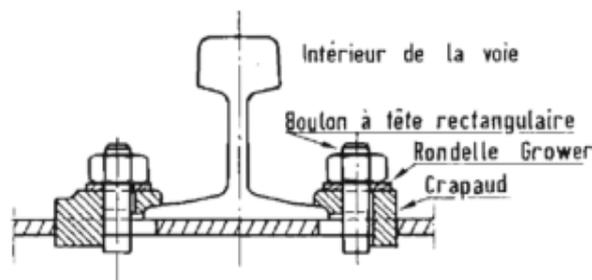


Figure VI. 17: Attaches sur traverses métallique [21]

VI.2.3.2. Attaches élastiques

Les attaches élastiques forment un intermédiaire doublement élastique entre rail et traverse. Elles opposent donc une résistance élastique aux mouvements relatifs dans le sens

vertical, aussi bien vers le haut que vers le bas. Les constituants en sont tels que la progression de l'effort en fonction du déplacement vertical puisse être réglée et se maintienne à un taux convenable, ce qui est fondamental. [21]

- **Fixation par crapaud élastique**

Le rail est maintenu entre la semelle en caoutchouc cannelée vers Le bas, et deux crapauds en acier à ressort, vers le haut. [21]

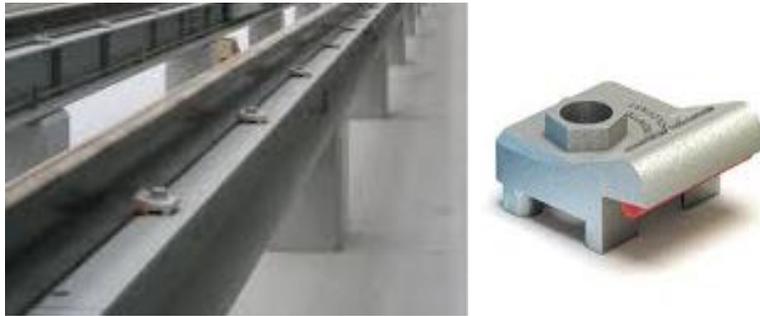


Figure VI. 18: Fixation par crapaud élastique

- **Fixation Fastclip**

Le système est un FASTCLIP résilient, système de fixation du rail, convenable pour application sur béton, acier ou le bois. Le commutateur unique sur le système hors tension du commutateur permet à l'installation rapide et efficace de la voie et la réduction des coûts de maintenance. L'attache peut être réalisée par un simple ressort reliant une bride fixée à la traverse et le patin du rail : aucun vissage n'est nécessaire. C'est le système " FIT and FORGET " auquel appartient l'attache anglaise " PANDROL ".

- **Fixation Fastclip Type Pandrol DEE SD**

Ce système à double étage élastique, conforme à la norme UIC-720 catégories A et B (applications tramway et métro) est conçu pour la réduction des bruits solidiens lié au contact rail / route et pour l'atténuation des vibrations. [21]



Figure VI. 19: Fixation Fastclip Type Pandrol DEE SD [28]

- Fixation Fastclip Type Pandrol DFF-ADH :

Pour les voies courantes et en versions adaptées aux zones d'appareils de voie, DFF ADH permet de réduire considérablement les vibrations lors du passage des trains et de supprimer l'usure ondulatoire. [28]



Figure VI. 20: Fixation Fastclip Type Pandrol DFF-ADH [28]

- Fixation de type NABLA

Le système d'origine Nabla a fourni une fixation sûre et fiable sur les voies Tram, LRT, Métro, les Grandes Lignes ferroviaires et les lignes à Grande Vitesse. La forme particulière de la lame Nabla génère un effort d'application dynamique stable sur le rail une fois l'écrou serré. L'attache nabla est constituée par un crapaud (lame-ressort) maintenue par un écrou « tirefond » vissé sur une tige filetée dans des encoches accrochées dans le blochet de traverse. Le rail repose généralement sur une semelle cannelée en caoutchouc qui joue le rôle d'un amortisseur. Ce type d'attache est le plus répandu au monde, il convient aux longs rails soudés sur traverses en béton. [19][23][28]

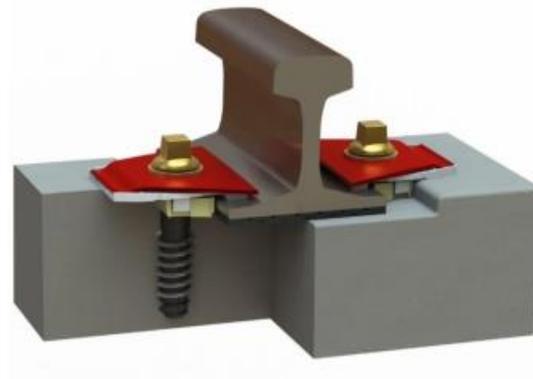


Figure VI. 21: L'attache de type NABLA [21]

VI.2.3.3. Le rôle d'attache

L'attache doit remplir les rôles suivants :

- Assurer le serrage du rail sur la traverse avec un effort tel que la résistance au glissement du rail sur la traverse soit largement supérieure à la résistance au déplacement longitudinal de la traverse dans le ballast.
- La course du serrage doit avoir une amplitude suffisamment importante pour pallier à un éventuel relâchement du dispositif de fixation.
- Les caractéristiques élastiques de l'attache doivent rester stables même après plusieurs montages et démontages.
- Le rendement de l'attache (rapport entre l'effort exercé par l'attache sur le rail et l'effort exercé par le dispositif de serrage de l'attache ancré dans la traverse) doit être aussi élevé que possible.
- Amortir les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains. [23]

VI.2.4. Les appareils de voie

Les appareils de voie sont des dispositifs permettant au matériel roulant, soit de passer d'une voie sur une autre, soit de traverser une voie. [14]

VI.2.4.1. Types d'appareils de voie

On distingue deux catégories d'appareils de voies :

- Les branchements.
- Les traversées.

Les branchements

- Branchement simple :

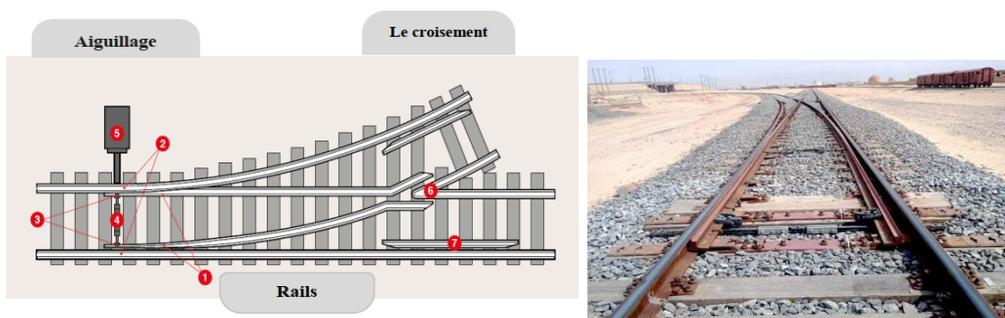


Figure VI. 22: Appareil de voie - système de branchement simple [2]

(1) Partie mobile, lames d'aiguilles :C'est la partie flexible qui vient se plaquer contre le rail de la voie directe pour dévier le train sur une autre voie.

(2) Partie fixe, contre-aiguille :C'est la partie fixe du rail, sur laquelle l'aiguille vient buter.

(3) Verrou ou griffe d'aiguille :Il maintient l'aiguille en place dans la position ouverte ou fermée.

(4) Tringle :Est la tige qui actionne l'aiguillage et qui maintient le bon écartement entre les aiguilles.

(5) Moteur d'actionnement :Il fait bouger la tringle et les aiguilles.

(6) Cœur d'aiguille (ou cœur de croisement) :C'est le point où se croisent les rails.

(7) Contre-rail :Sert à guider et à assurer l'essieu durant le franchissement du croisement.

- Branchement symétrique :

Sont des branchements comportant deux voies déviées divergentes de même rayon. [21]

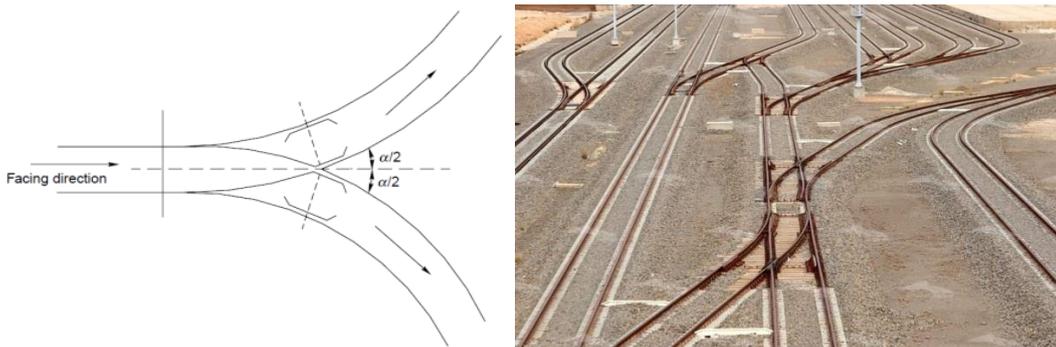


Figure VI. 23: Branchement symétrique de deux [21]

- Branchement double :

Ils sont utilisés uniquement lorsque la place disponible est limitée.

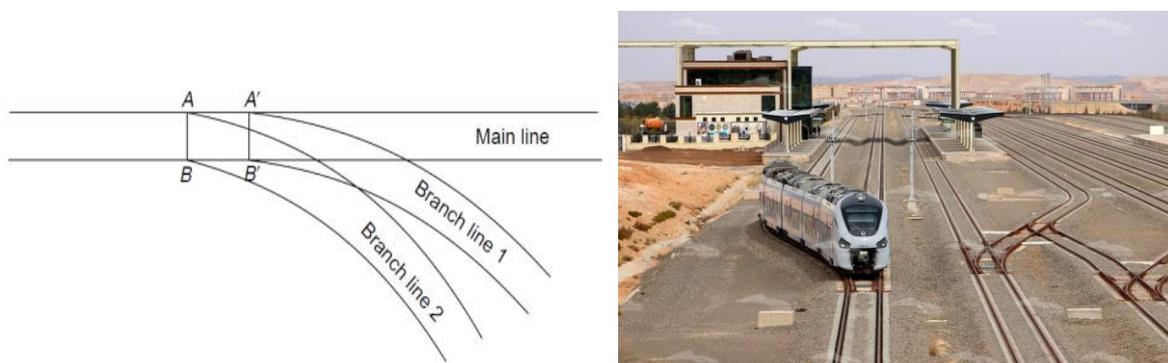


Figure VI. 24: Branchement double [21]

Traversées

- Traversées simples :

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. Dans certains cas (relativement rares), ces deux voies peuvent être d'écartements différents (traversée d'une ligne à voie normale « 1435 mm » par une ligne à voie métrique « 1000 mm » par exemple).

- Traversées jonction :

Les traversées jonction permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre et également la jonction des deux voies. On distingue :

✓ **Traversées jonction simples (TJS)** : est la jonction des voies uniquement dans un seul sens de circulation.

✓ **Traversées jonction doubles (TJD)** : est la jonction des voies dans les deux sens de circulation. [2]

VI.3. APPLICATION A NOTRE PROJET

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents éléments constituant la superstructure ferroviaire. Pour chaque élément nous avons exposé les systèmes existants au niveau mondial.

Pour les exigences techniques pour notre ligne ferroviaire en terme de vitesse de circulation de train ($V_{max} = 120 \text{ km/h}$) et de nature de les charges transportées (minerai de fer, phosphate,...). Le système de la superstructure utilisé pour notre projet est présenté dans le tableau suivant.

Les Systèmes de superstructure	
Composantes	Caractéristique
Type de rail	UIC 60
Ecartement	1.435 m
Type de traverses	Bi-blocs V.A.X type U31 NAT
Travelage	1519 traverses par km
Système de fixation	Système Nabla

CHAPIRE VII

GARES FERROVIAIRES

VII.1. INTRODUCTION

Une gare est l'ensemble de bâtiments et installations établis aux stations des lignes de chemin de fer. Elle est destinée à faire embarquer et descendre des passagers et aussi à charger et décharger des marchandises ainsi que des opérations commerciales. Elle se distingue généralement d'un simple arrêt par son envergure et ses équipements. [1]

Les gares comprennent un plateau de voies dont certaines sont bordés de quais d'embarquement et des bâtiments. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction :

Permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ;

Pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

Une gare ferroviaire est donc, régie par des règles d'exploitation très strictes, en raison surtout de la coordination générale du réseau qui exige la précision des horaires. [21]

VII.2. TYPES DES GARES

VII.2.1. Gare à marchandise

Une gare à marchandises appelée également gare de fret, est une gare ferroviaire destinée uniquement au trafic des marchandises. Elle assure la totalité du traitement du trafic de marchandises, et peut être dotée de halles à marchandises et de vastes cours de débord, sans équipements pour les voyageurs qui n'y ont d'ailleurs pas accès. Cette dernière comporte un bâtiment principal à vocation administrative, des halles à marchandises et des entrepôts. Généralement seules les villes importantes, les complexes industriels ou les ports maritimes sont dotées des gares à marchandises.



Figure VII. 1 : Gare marchandise du complexe d'El Hadjar Annaba

Les marchandises sont pour la plupart transportées selon le principe du train massif ou du transport combiné, de moins en moins souvent en wagons isolés et se traitent pour l'essentiel :

Soit dans des embranchements particuliers qui relient directement les installations industrielles (usines, mines, carrières, entrepôts...) au réseau ferré principal.

Soit dans les installations portuaires (voies ferrées desservant directement les quais maritimes ou fluviaux). [1]

VII.2.2.Gare de triage

Une gare de triage également appelée gare de formation, est une gare ferroviaire spécialisée où les wagons de marchandises isolés de leur rame initiale sont triés pour être incorporés dans de nouveaux trains de marchandises (fret), c'est-à-dire la recombinaison des trains qui acheminent les «wagons isolés». Un triage est une installation spécialisée dans le traitement du trafic de fret. [1]



Figure VII. 2: Gare triage [15]

VII.2.3.Gares de voyageurs

Les gares de voyageurs sont de taille très variable. Les gares peu importantes, qui constituent un simple point d'arrêt, souvent sans personnel permanent, sont appelées «haltes» ou "points d'arrêt». Les gares principales situées dans les grandes villes sont des lieux d'échange entre le mode ferroviaire et les divers modes de transport urbains (bus, tramway, métro).

Elles voient passer quotidiennement un nombre considérable de personnes. On distinguera deux types de gares de voyageurs :

Les gares terminus : Le bâtiment est généralement au bout des quais et perpendiculaire à ceux-ci, il est souvent composé symétriquement un côté pour les départs, et l'autre pour les arrivées.



Figure VII. 3: Gare terminus d'Alger

Les gares de passage : Le bâtiment est généralement le long des voies du côté orienté vers le centre de l'agglomération. On accède aux quais par une passerelle ou un souterrain. Il arrive qu'il soit placé au-dessus des quais. [1]



Figure VII. 4: Photos de gare de passage et passerelle entre quais

VII.3. ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE

La conception de la gare s'effectue en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent. Dans ce stade, trois éléments sont nécessaires pour l'étude du plan de masse :

Catégories de la voie : elle permet de déterminer le rôle et les constituants de la gare.

Le trafic : c'est un élément très important pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin de l'aménager d'une manière convenable.

L'emplacement de la gare : généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents. [13]

VII.4. INSTALLATIONS DE BASE D'UNE GARE

Selon le type de la gare et sa catégorie, on peut y trouver :

- Bâtiment de voyageurs.
- Quais d'embarquement et de débarquement.
- Hangar destiné à recevoir et stocker les marchandises.

- Hangar de maintenance des voies.
- Atelier d'entretien des véhicules.
- Chantier de permutation.
- Réseau de voie.
- Autre éléments (passerelles, signalisation, sécurité, etc.). [14]

VII.5. AMENAGEMENT DE LA GARE

VII.5.1. Installations d'une gare à voyageur

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver plusieurs installations et constructions selon le type, la conception et la catégorie de la gare.

- **Le bâtiment de voyageurs (B.V) :** C'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :** Qui comprennent des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin de fer, tels que cabine de signalisation, magasin, magasin des coulis, bureaux....
- **Quais :** C'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- **Abris de quais :** C'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.
- **Les passages sous terrain et les passerelles :** ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité. [13]

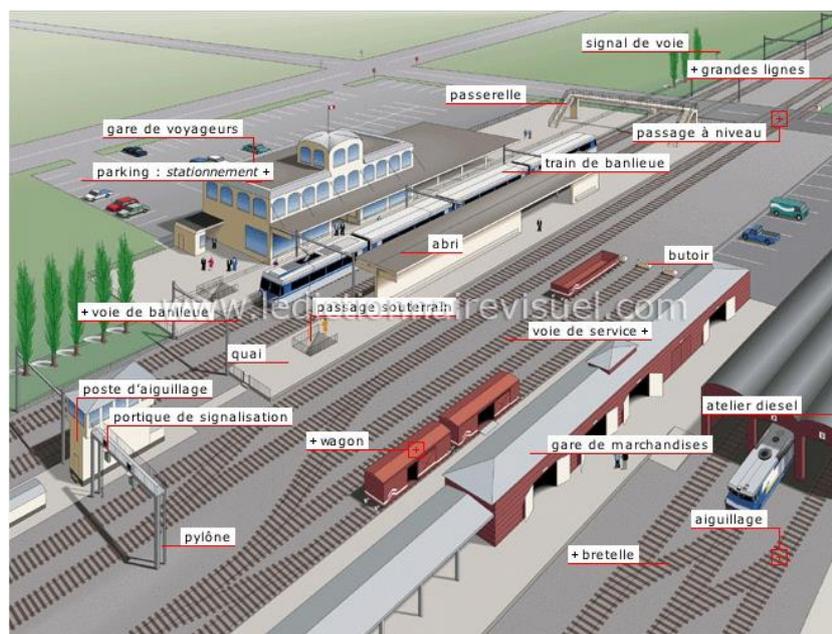


Figure VII. 5: Composantes d'une gare

VII.5.2. Installation d'une gare à marchandises

Les installations de la base d'une gare de marchandises sont :

- Un bâtiment de service : pour accomplir les formalités de l'acte commercial.
- Des cours de débord : pour embarquement et débarquement des marchandises.
- Quais de débord.
- Halle de stockage.
- Parking pour stationnement des véhicules. [14]

VII.6. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES

VII.6.1. Dimensionnement de quai

Les caractéristiques géométriques de quai sont récapitulées dans le tableau au-dessous : [2]

Tableau VII. 1: Caractéristiques géométriques de quai (normes SNTF) [2]

Longueur (m)	Grande ligne : 450 Service régional : 350 Banlieue : 225
Largeur (m)	$B_{\min} = (1.5 \times N_{\max} + S) / L$ L : Longueur d'un quai qui est égale à la longueur du plus grand train. S : Surface prise par les bâtiments voyageurs sur les quais. 1,5 : Surface prise par un voyageur. N_{\max} : Nombre de voyageurs sur le quai = 80% des places des trains au départ. Avec : Quai intermédiaire $B > 8$ m. Quai extérieur $B \geq 6$ m
Hauteur (mm)	- Quai bas : 350 - Quai mi- haut : 550 - Quai haut : 760
La distance à l'axe de la voie	Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm et de 760 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à : $L \text{ (mm)} = 1650 + S$ Avec : $S \text{ (mm)} = (3750/R) + ((I-1435)/2)$ R : le rayon de la voie (m). I : l'écartement de la voie (mm)
Entre axe (m)	e normal > 11.3 e minimal > 9.3

VII.6.2. Déclivité dans les gares

Au niveau des gares, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues. [2]

Tableau VII. 2: Les déclivités dans les gares (selon UIC 741) [2]

Activité en gare	Déclivité maximale
Service voyageur seul	< 10 ‰
Service voyageur et modification de composition des rames	< 5 ‰
Service voyageur et stationnement prolongé des rames	< 1 ‰

VII.6.3. Marge de glissement à l'aval des signaux

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal ferme, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation. [21]

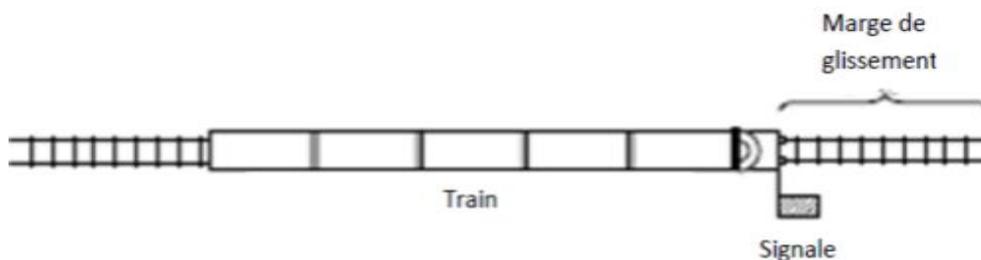


Figure VII. 6: Schéma de la marge de glissement [2]

Longueurs de la marge de glissement

Selon la vitesse de la ligne, on l'utilise comme marge à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie.

LG = 200 m pour $V \geq 60$ km/h

LG = 100 m pour $40 \text{ km/h} \leq V \leq 60 \text{ km/h}$

LG = 50 m pour $V < 40$ km/h. [14]

VII.6.4. Garage franc

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance D qui positionne l'élément GF :

$$GF = 3.57 \times N + 1$$

N : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie. [13]

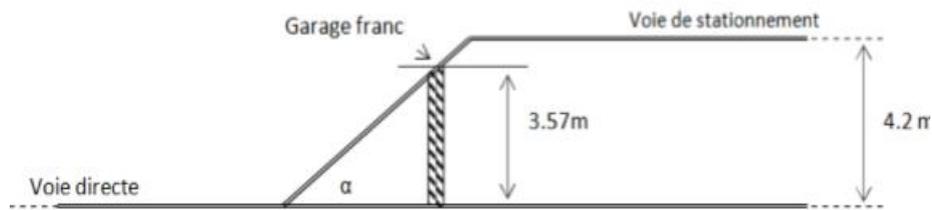


Figure VII. 7: Garage franc [13]

VII.7. LES GARES DE NOTRE PROJET

Pour notre projet de la ligne ferroviaire entre Drean et Bouchegouf on a choisis de positionner quatre gares et deux haltes :

Tableau VII. 3: Installation des gares et haltes

Désignation	Position
Gare Bouchegouf	Gare existante
Halte Boudroua	3300 au 3450
Halte Oued-Fragha	7750 au 7950
Gare Boukmouza	11900 au 12200
Gare Chihani	21550 au 21850
Gare Dréan	29450 au 29750

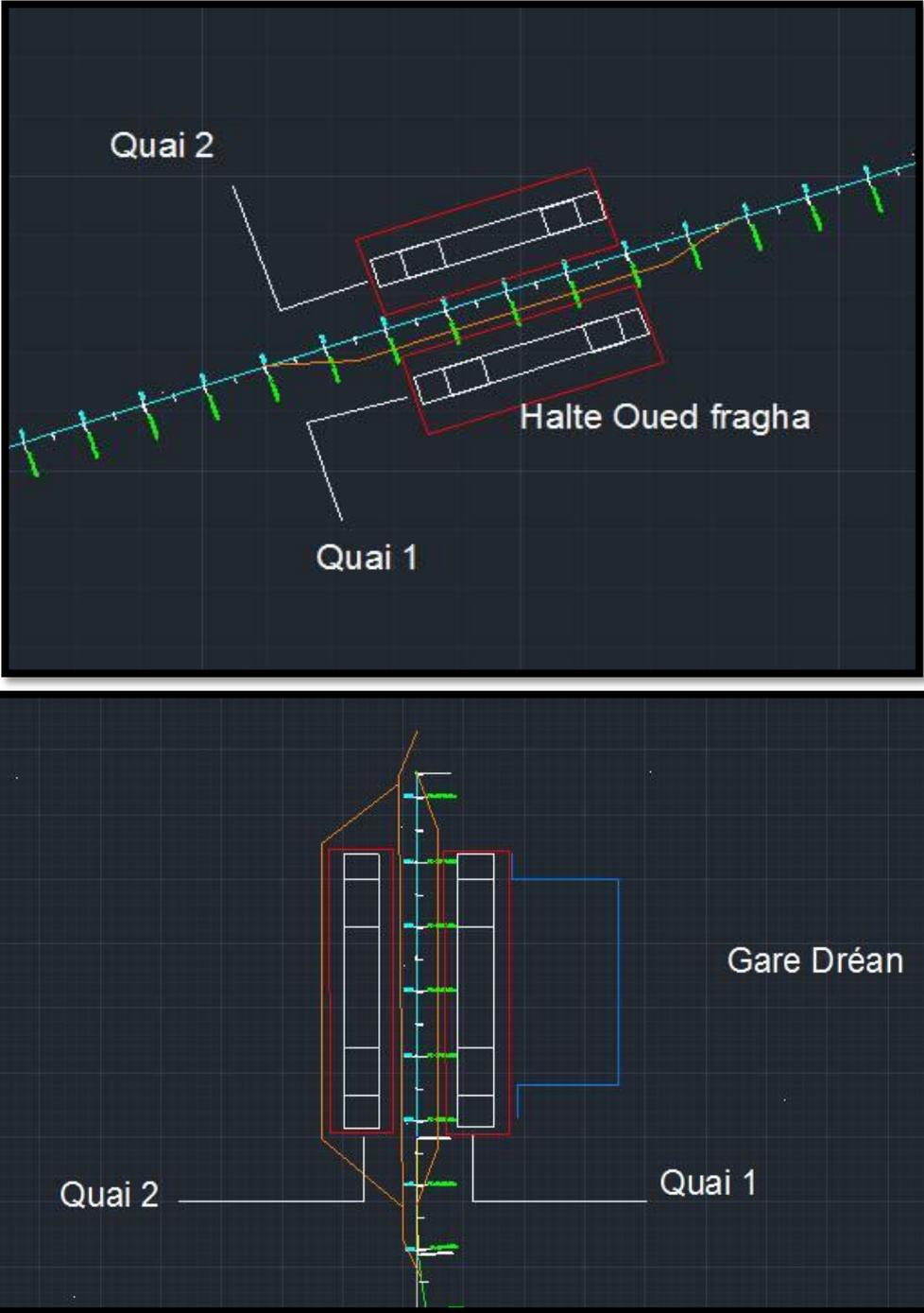


Figure VII. 8: Les dessin des gares et haltes de notre projet

CHAPITRE VIII:

SIGNALISATION FERROVIAIRE

VIII.1. INTRODUCTION

Le système de signalisation ferroviaire garantit la sécurité et l'efficacité de l'exploitation ferroviaire. Il englobe une variété de signaux, de dispositifs et de réglementations conçus pour gérer les mouvements des trains et prévenir les accidents. Il permet de prévenir les collisions frontales, les collisions par l'arrière, les déraillements et d'autres risques potentiels en fournissant des instructions claires aux opérateurs ferroviaires. Les signaux peuvent être fixes ou mobiles, utilisant des mécanismes lumineux ou mécaniques pour transmettre des informations. L'emplacement des signaux correspond généralement à la direction du trajet en train. Les technologies de signalisation modernes jouent un rôle essentiel dans le maintien de distances de sécurité entre les trains et dans la fluidité des opérations ferroviaires. La signalisation ferroviaire garantit non seulement la sécurité, mais optimise également les mouvements des trains, améliore le contrôle de la vitesse et augmente la capacité des lignes ferroviaires.

VIII.2. PRINCIPES DE BASE

Le réseau ferré est divisé en sections appelées "cantons", qui permettent d'espacer les trains et d'éviter les rattrapages. [29] [30] [31]

Les signaux sont généralement installés à gauche de la voie. [31] [32]

Il existe deux types de signalisation : lumineuse (feux de couleur) et mécanique (panneaux, cocardes). [29] [3]

Les principaux signaux sont le feu rouge (arrêt), le feu jaune (ralentissement), le feu vert (voie libre) et le feu blanc (manœuvre). [31] [32]

Des signaux d'avertissement (feu jaune) et de cantonnement (feu rouge/vert) permettent d'espacer les trains et d'éviter les collisions. [29] [30] [31]

VIII.3. SYSTEMES DE SIGNALISATION

Tous les systèmes de signalisation ferroviaire qui ont existé depuis l'apparition des chemins de fer, incluant les systèmes très sophistiqués utilisés de nos jours, partagent un concept de base : Les trains ne peuvent pas entrer en collision s'ils ne sont pas autorisés à occuper la même section de voie simultanément. Par conséquent, les lignes ferroviaires sont divisées en plusieurs sections (block sections). En mode d'opération normal, un seul train est donc autorisé à circuler au sein de chaque section à la fois. [21]

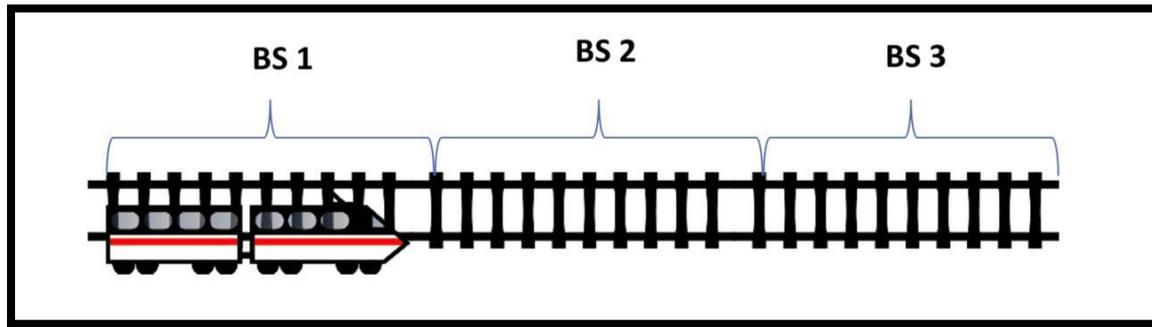


Figure VIII. 1 : Voie divisée en sections [21]

VIII.4.EVOLUTION DES SYSTEMES DE SIGNALISATION

Systèmes de signalisation à **blocs** (1850-1930).

Les systèmes **ATP** (**A**utomatic**T**rain **P**rotection) (1980).

Systèmes **ERTMS** (**E**uropéen **R**ailways**T**raffic**M**anagement **S**ystem). (Actuel). [14]

VIII.4.1. Systèmes à blocs

En 1850, les premiers aiguilleurs de trains se tenaient à intervalles (blocs) le long de la ligne avec des chronomètres et utilisaient des signaux manuels pour informer les conducteurs de l'état de circulation, ce processus avait mobilisé considérablement les ressources du personnel.

Au début du 20ème siècle (1900), les signaux mécaniques fixes ont été introduits. Et grâce à l'invention du télégraphe puis du téléphone quelques années plus tard, il est devenu possible pour les agents d'échanger des messages (d'abord un certain nombre de sonneries sur une cloche, ensuite un appel téléphonique) pour confirmer qu'un train a libéré un bloc spécifique.

Vers 1930, les premiers signaux optiques ont vu le jour. L'ensemble du système a été intitulé « système à blocs téléphoniques ». Pendant la même époque, lorsque des signaux mécaniques fixes ont commencé à remplacer les signaux manuels, le bloc semi-automatique est né.

Aujourd'hui, la signalisation ferroviaire est basée sur des blocs complètement automatiques, donc ne nécessitant aucune intervention manuelle. Une ligne équipée de blocs automatiques (interlocking) est divisée en plusieurs sections dont la longueur est supérieure à la distance de freinage de train la plus grande. [19]

VIII.4.2.Systèmes ATP

Au début des années 80, les systèmes de signalisation ferroviaires modernisés ont été introduits afin d'améliorer la sécurité. Les premiers systèmes de protection des trains ATP (**A**utomatic **T**rain **P**rotection) procuraient une indication de la vitesse cible et déclenchaient des alertes sonores pour informer le conducteur en cas de franchissement

d'un signal fermé ou de dépassement de la limitation de vitesse. De plus, le système applique un frein automatique si le conducteur ne réagit pas aux avertissements. L'un des principes clés d'un système ATP est le concept de modèle de freinage, un modèle mathématique applicable à tout moyen de transport guidé. L'ATP permet de prédire la vitesse sécuritaire maximale du train, à partir des données suivantes :

- Distance but.
- Vitesse actuelle.
- Les caractéristiques physiques du train.

Une fois le modèle de freinage calculé, il est facile de déterminer la vitesse maximale avec laquelle le train peut se déplacer tout en pouvant s'arrêter en toute sécurité avant le point cible. [19]

VIII.4.3.Systèmes ETRMS

Au fil des années, un grand nombre de systèmes ATP différents ont été développés et exploités, selon des exigences nationales, normes techniques et règles d'exploitation variées. Cela engendre de nombreuses incompatibilités techniques entre différents matériels, surtout pour les circulations transnationales. Le système ERTMS (**European Railways Traffic Management System**) est développé à partir de l'année 1990 par l'Institut Européen de la Recherche Ferroviaire (ERRI) et il est devenu le standard de la signalisation Européenne. [19]

L'ERTMS est créé pour mettre en œuvre une plate-forme interopérable commune pour les systèmes de signalisation des chemins de fer, et donc faciliter le passage des frontières, ouvrir le marché de la signalisation ferroviaire, augmenter les vitesses commerciales, réduire les intervalles entre deux trains, diminuer les coûts de maintenance et assurer une sécurité maximale.

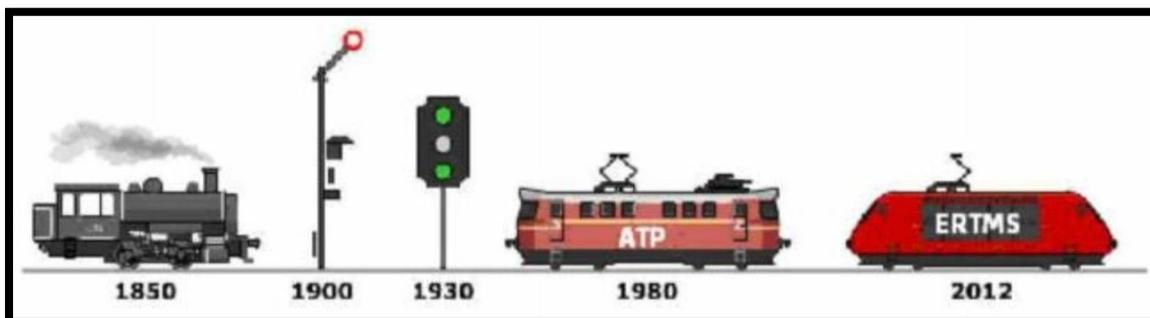


Figure VIII. 2: Evolution de la signalisation [19]

L'ERTMS est actuellement la technologie la plus utilisée dans la signalisation des nouvelles lignes ferroviaires en Europe et, de plus en plus, dans le monde entier [19]. Il se compose essentiellement du système de contrôle/commande ETCS (European Train Control System) et du système de communication radio GSM-R (Global System for Mobiles – Railways).

VII.4.3.1. ETCS (European Train Control System)

Pour rouler en ETCS, un train doit posséder une autorisation de mouvement (MovementAuthority), correspondant à une certaine distance sur laquelle la voie est réservée au train. Au fur et à mesure de la progression du train, cette autorisation de mouvement est remise à jour.

Sur base de cette autorisation de mouvement, l'ordinateur embarqué construit une courbe de vitesse maximale autorisée, et supervise la vitesse du train par rapport à cette courbe, en tenant compte de la position du train, de sa vitesse et de sa capacité de freinage. Cette courbe matérialise la vitesse maximale permise à chaque instant de façon à respecter le profil de vitesse imposé : si le conducteur dépasse cette courbe de vitesse maximale, par exemple en ne freinant pas alors qu'il approche d'une zone à vitesse plus réduite, l'équipement embarqué appliquera un freinage d'urgence pour éviter que le train ne respecte pas le profil de vitesse imposé.

ETCS niveau 1 :

En ETCS niveau 1, le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au sol, cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres cantons. Les balises récupèrent les indications du signal via des adaptateurs de signaux et les encodeurs LEU (Lineside Electronic Unit) et les transmettent au train sous forme d'une autorisation de mouvement accompagnée des données de l'itinéraire.

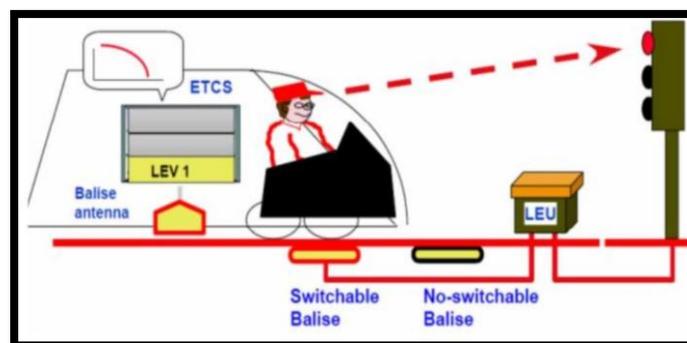


Figure VIII. 3: ETCS niveau 1 [19]

L'ordinateur de bord calcule et surveille en permanence la vitesse maximale et la courbe de freinage à partir des données de gestion de trafic (vitesse autorisée, aiguillages, distance de sécurité entre les trains ...). En raison de la transmission ponctuelle à l'aide de balises, le train doit se déplacer au-dessus de la balise pour obtenir l'autorisation de mouvement suivante.

ETCS niveau 2 :

ETCS niveau 2, est un système de signalisation et de sécurité ferroviaire numérique qui repose sur la radiocommunication numérique. L'autorisation de circuler et le signal de marche sont affichés dans la cabine du conducteur. Les installations de signalisation extérieures deviennent donc superflues, à l'exception de quelques indicateurs. Les dispositifs de contrôle de l'état libre des voies et de contrôle de l'intégrité du train restent cependant déployés au sol. Tous les trains signalent automatiquement, à intervalles réguliers, leur position précise et leur sens de marche au poste central RBC (Radio Block Center), qui contrôle en permanence les mouvements des trains.

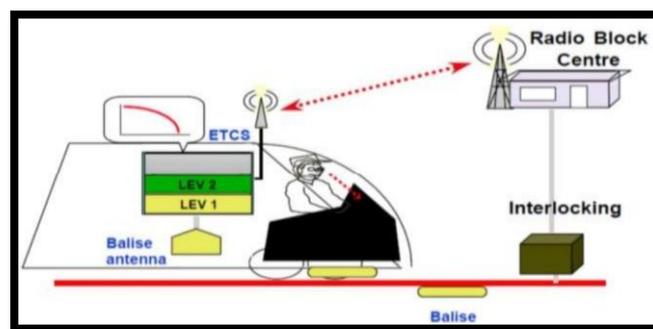


Figure VIII. 4: ETCS niveau 2 [19]

L'autorisation de circuler est transmise en permanence au véhicule via GSM-R, avec les données concernant la vitesse et le parcours. Entre deux balises de localisation, le train signale sa position par l'intermédiaire de capteurs d'essieux. Les balises de localisation servent alors de points de référence permettant la correction d'éventuelles erreurs de mesure du parcours. [19]

ETCS niveau 3 :

L'ETCS Niveau 3 fournit une fonctionnalité d'espacement des trains entièrement basée sur la communication radio. La signalisation latérale ainsi que les équipements de voie ne sont plus nécessaires.

Comme avec l'ETCS niveau 2, les trains se localisent au moyen de balises de positionnement et via des capteurs et doivent être capables de déterminer l'intégrité du train, au niveau du bord, au plus haut degré de fiabilité. De ce fait, l'ETCS Niveau 3 écarte le

fonctionnement classique avec des intervalles fixes et permet de calculer la distance de sécurité entre deux trains qui se suivent.

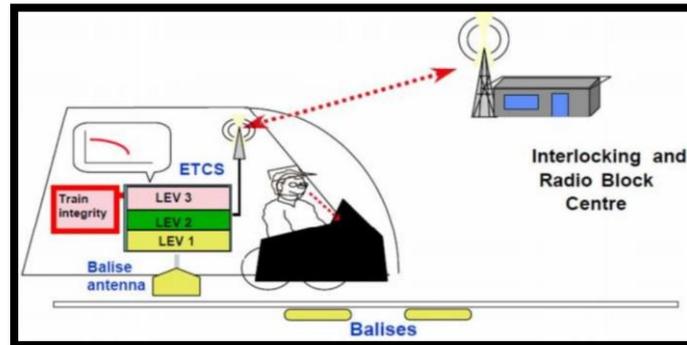


Figure VIII. 5: ETCS Niveau 3 [19]

Une autorisation de mouvement est indiquée pour une position du train, à base de la distance réelle entre le train et le train le précédant. Cette solution appelée “bloc mobile” (moving block), assure une meilleure exploitation de la capacité de la ligne, car elle réduit la granularité de l'espacement. Le niveau 3 est toujours en phase de développement. [19]

VIII.4.3.2.GSM-R (Global System for Mobiles – Railways)

Le GSM-R est le système de communication radio utilisé exclusivement dans le secteur ferroviaire. Grâce à celui-ci, l'infrastructure ferroviaire est équipée d'un système radio mobile qui peut répondre d'une manière efficace et intégrée à tous les besoins de communication liés aux opérations ferroviaires.

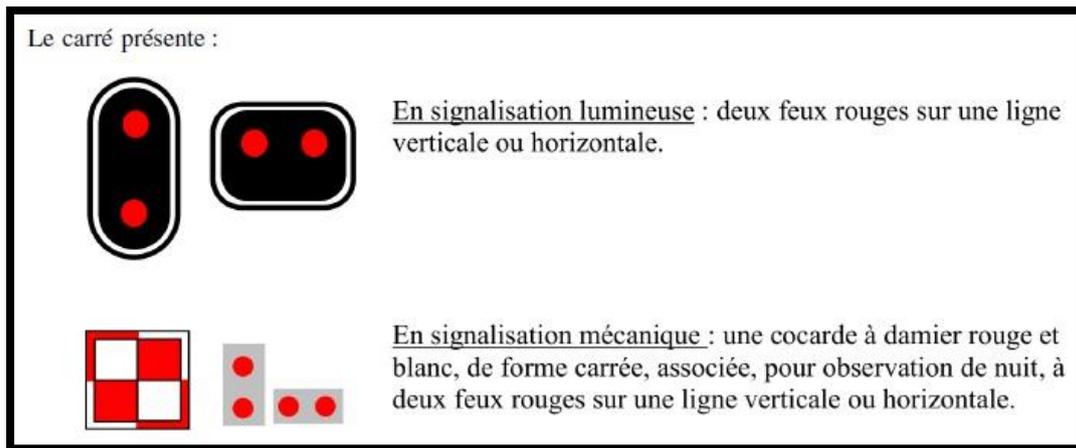
Le GSM-R permet une communication continue entre la cabine et le sol (communications de service ainsi que la gestion d'urgence) pour l'échange de données entre les équipements au sol et les systèmes embarqués. [19]

VIII.5. CONCEPTION DES SIGNAUX [33]

VIII.5.1.Signaux de protection

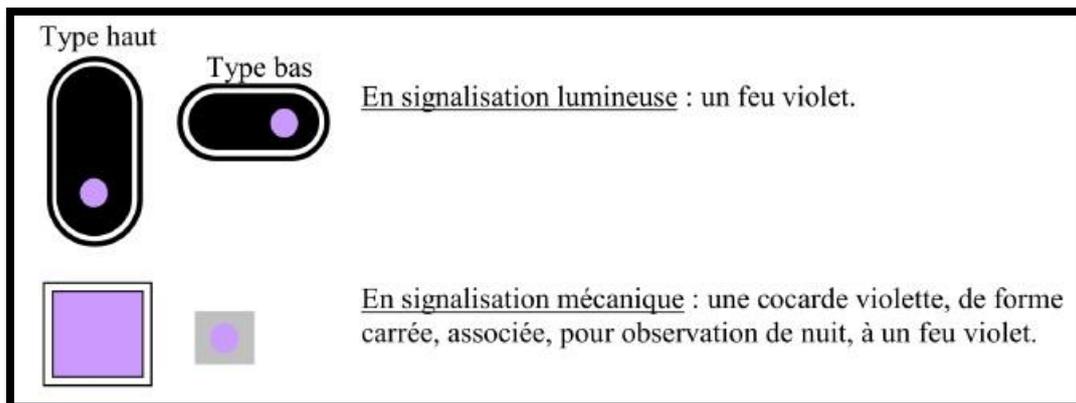
VIII.5.1.1.Le carré (C)

En utiliser signaux combinés pour la commande d'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi. C'est un signal de protection utilisé pour protéger des appareils de voie ou des parties de voie (aiguilles, traversées, zones de stationnement, ou pour l'arrêt des trains en ligne) et donc à éviter le nez à nez ou la prise en écharpe.



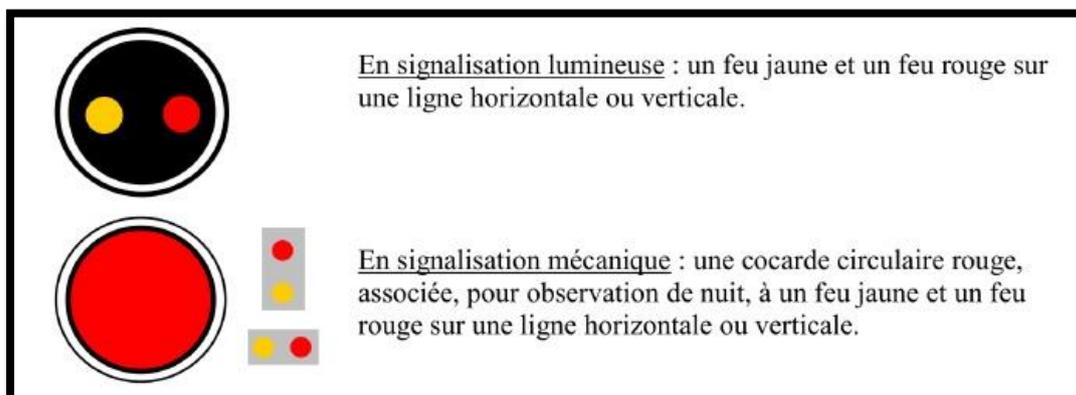
VIII.5.1.2. Le carré violet

Équivalent au carré, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule, n'autorise pas le départ en ligne.



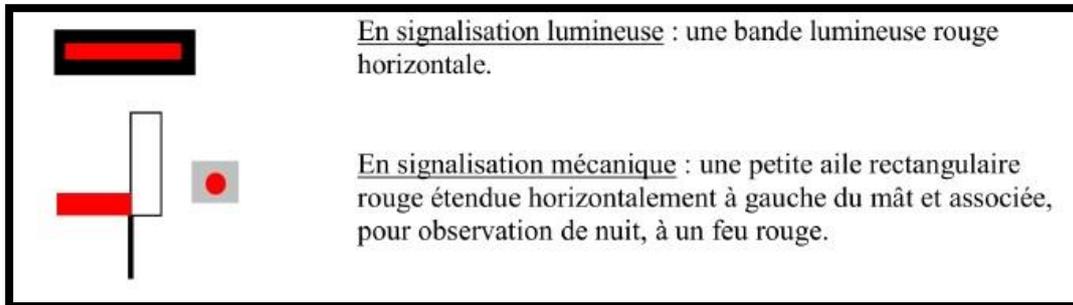
VIII.5.1.3. Le disque

Le disque commande l'arrêt différé, c'est-à-dire marche à vue le plus tôt possible, suivi d'un arrêt obligatoire (même si les signaux rencontrés ensuite indiquent la voie libre) avant le premier quai ou appareil de voie rencontrés. La marche peut ensuite continuer après une autorisation verbale.



VIII.5.1.4. Le guidon d'arrêt

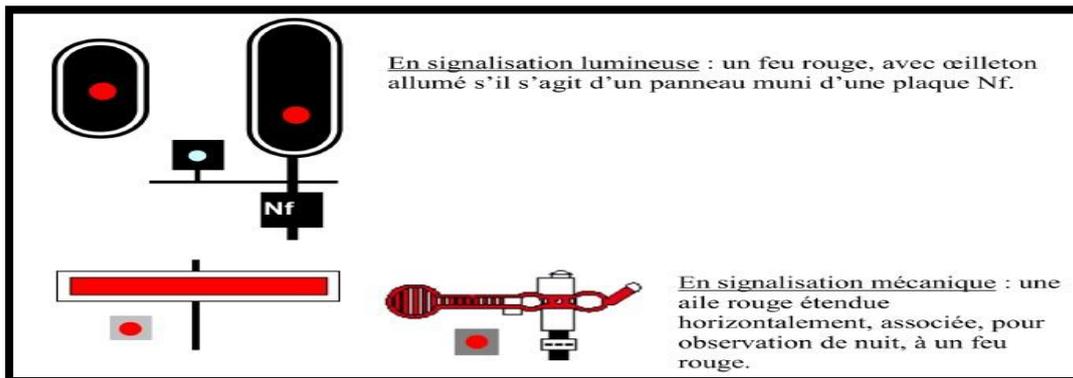
Le guidon d'arrêt est utilisé pour protéger des appareils de voie isolés ou des passages à niveau, à la place d'un signal d'arrêt à main. Ce signal commande l'arrêt.



VIII.5.2. Signaux de cantonnement

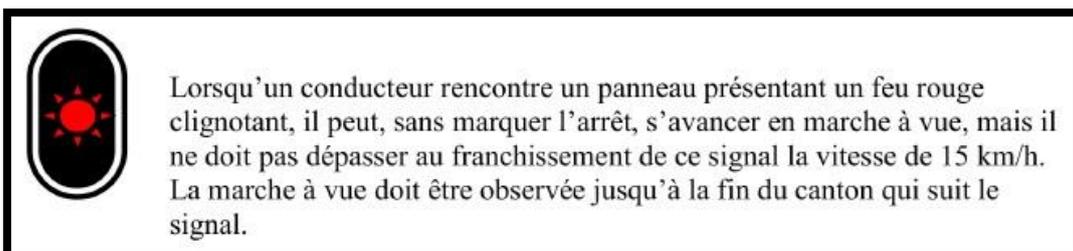
VIII.5.2.1. Le sémaphore

Le sémaphore commande au conducteur l'arrêt avant le signal. Toutefois, une manœuvre peut, sur l'ordre du dirigeant de la manœuvre, franchir sans marquer l'arrêt un sémaphore fermé.



VIII.5.2.2. Le feu rouge clignotant

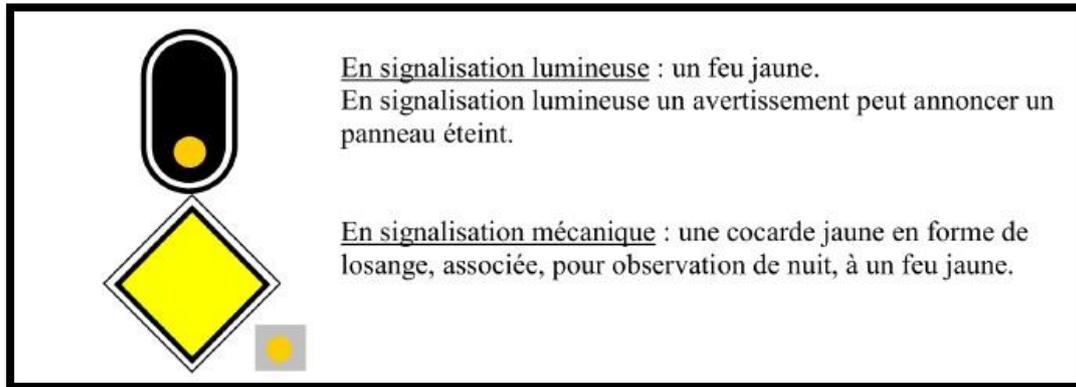
Le feu rouge clignotant est une variante du sémaphore qui autorise la marche à vue sans arrêt préalable, à condition de ne pas dépasser les 15 km/h au franchissement du signal.



VIII.5.3. Signaux d'annonce d'arrêt

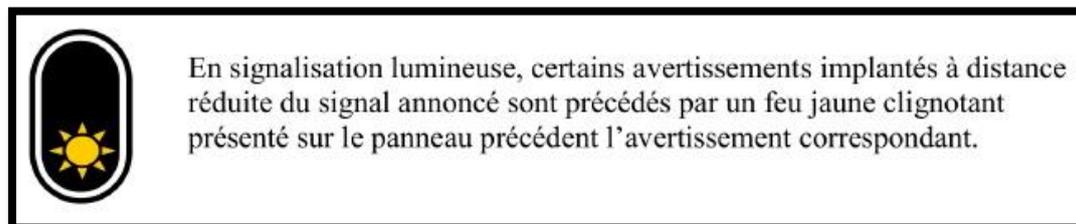
VIII.5.3.1. L'avertissement

L'avertissement est implanté, en principe, à une distance égale ou supérieure à la distance d'arrêt du signal qu'il annonce. Cette distance ne doit cependant pas dépasser 3000m.



VIII.5.3.2. Le feu jaune clignotant

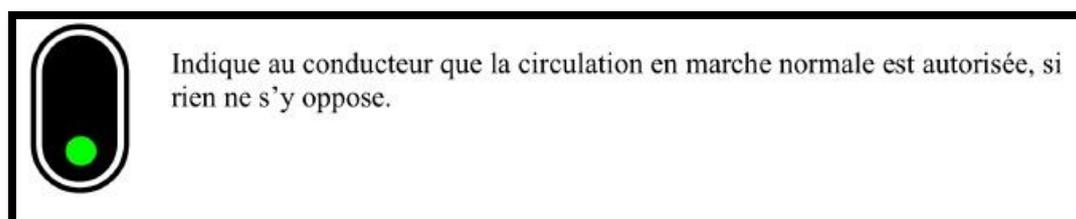
Le feu jaune clignotant commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter avant le signal d'arrêt annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant. Si l'avertissement suivant est effacé, le conducteur peut reprendre sa marche normale. Il peut être utilisé pour annoncer un ralentissement 30 implanté à distance réduite.



VIII.5.4. Signaux d'indication de marche

VIII.5.4.1. Feu vert (FV)

Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée, s'y rien ne s'y oppose.



VIII.5.4.2. Feu vert clignotant (VL)

Le feu vert clignotant 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).



En signalisation lumineuse, sur les sections de ligne munies de la signalisation de préannonce, ce signal est utilisé:

- pour préannoncer des signaux d'annonce d'arrêt, de ralentissement ou de limitation temporaire de vitesse ;
- dans certaines situations temporaires (protection du personnel, travaux...).

VIII.5.4.3. Feu blanc



1. En règle générale, il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre.

Toutefois, lorsqu'il est présenté pour donner accès à une voie principale, il commande au conducteur d'observer la marche à vue jusqu'au point indiqué ci-après sans dépasser, dans la zone correspondante, la vitesse de 30 km/h sur les appareils de voie.

Cette prescription est à appliquer :

- en block automatique : jusqu'au signal commandant l'entrée du canton suivant ;
- sur les autres sections de lignes : jusqu'au premier sémaphore ou carré rencontré avant la sortie de la gare ou, à défaut d'un tel signal, dans toute la zone du poste (ou, s'il s'agit d'une gare comportant plusieurs postes successifs, jusqu'au plus prochain de ces postes).

VIII.5.4.4. Feu blanc clignotant



Utilisé exclusivement en signalisation lumineuse, le feu blanc clignotant commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre et lui indique que le carré violet correspondant n'est ouvert que pour l'exécution d'une manœuvre sur un parcours généralement de faible longueur.

Le feu blanc clignotant interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train.

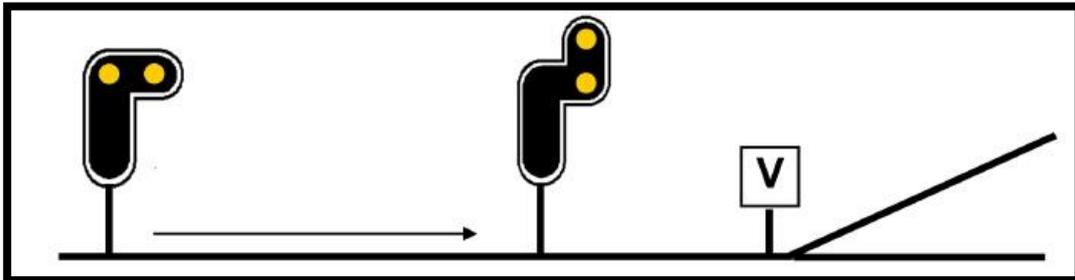
VIII.5.5. Signaux de limitations de vitesse

VIII.5.5.1. Ralentissement 30 et rappel 30

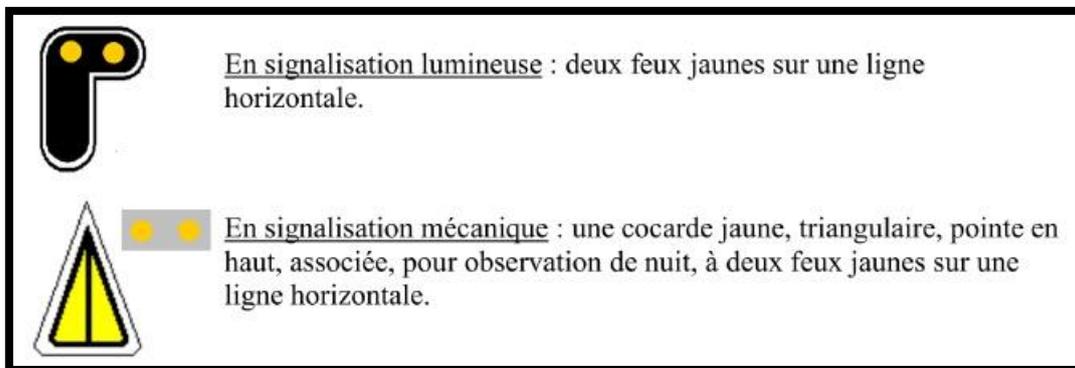
Les aiguilles prises en pointe qui ne peuvent être franchies en déviation qu'à la vitesse maximale de 30 km/h sont normalement précédées des deux signaux suivants :

- Un ralentissement 30, à distance ;
- Un rappel 30, qui précède l'aiguille.

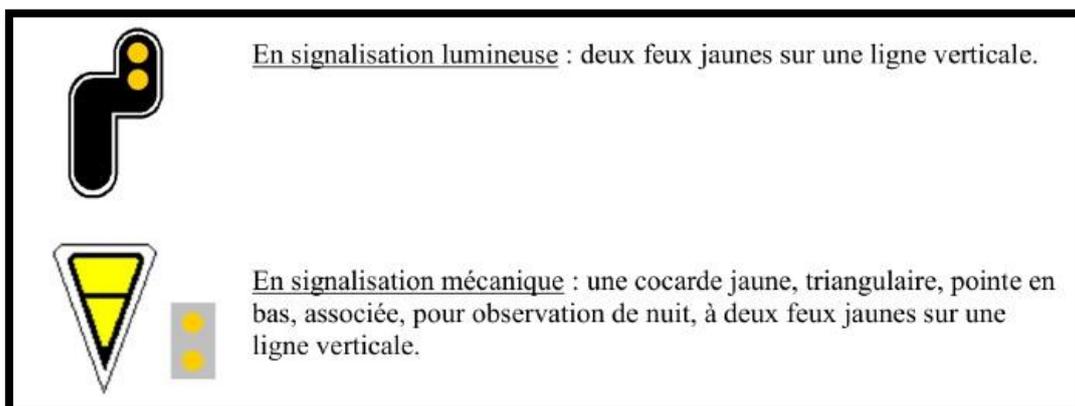
Si cela est nécessaire, l'emplacement de l'aiguille (ou de la première aiguille dans le cas d'aiguilles successives) est repéré par un chevron pointe en bas.



Le ralentissement 30 présente :



Le rappel 30 présente :



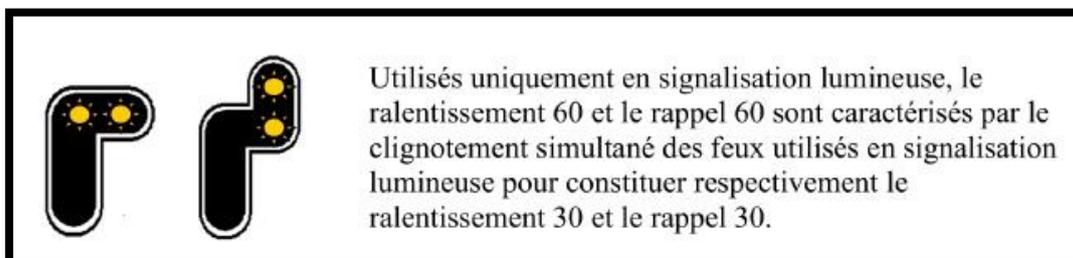
Le ralentissement 30, ainsi que le rappel 30, commande au conducteur de ne pas dépasser la vitesse de 30 km/h au franchissement de l'aiguille (ou des aiguilles) intéressée.

Le conducteur ne doit reprendre sa vitesse normale, si rien ne s'y oppose, que lorsque le dernier véhicule de son train a franchi l'aiguille (ou la dernière aiguille dans le cas d'aiguilles successives, ou l'aiguille de sortie s'il s'agit d'une gare de voie unique ou d'une gare d'une section de ligne à voie banalisée à une seule voie). Toutefois, en signalisation mécanique, le

conducteur qui a rencontré un ralentissement 30 peut, si le rappel 30 correspondant n'est pas présenté, reprendre sa vitesse normale si rien ne s'y oppose.

VIII.5.5.2. Ralentissement 60 et rappel 60

Les dispositions de l'article 501 sont applicables au ralentissement 60 et au rappel 60, la limitation de vitesse correspondante étant alors de 60 km/h.

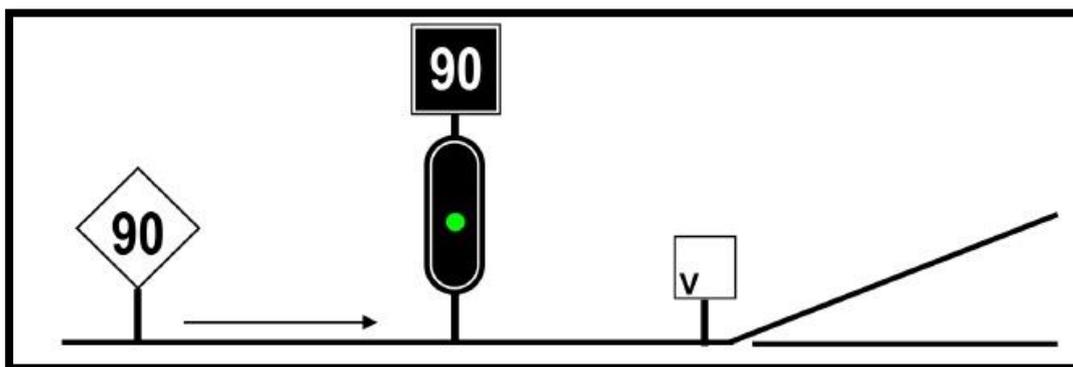


VIII.5.5.3. Tableaux indicateurs de vitesse (TIV) mobiles

Le TIV à distance fermé, ainsi que le TIV de rappel fermé, commande au conducteur de ne pas dépasser la vitesse indiquée sur le tableau, en kilomètres à l'heure, au franchissement de l'aiguille (ou des aiguilles) intéressée.

Le conducteur ne doit reprendre sa vitesse normale, si rien ne s'y oppose, que lorsque le dernier véhicule de son train a franchi l'aiguille (ou la dernière aiguille dans le cas d'aiguilles successives, ou l'aiguille de sortie s'il s'agit d'une gare de voie unique).

Toutefois, le conducteur qui a rencontré un TIV à distance fermé peut, si le TIV de rappel correspondant est ouvert, reprendre sa vitesse normale si rien ne s'y oppose.

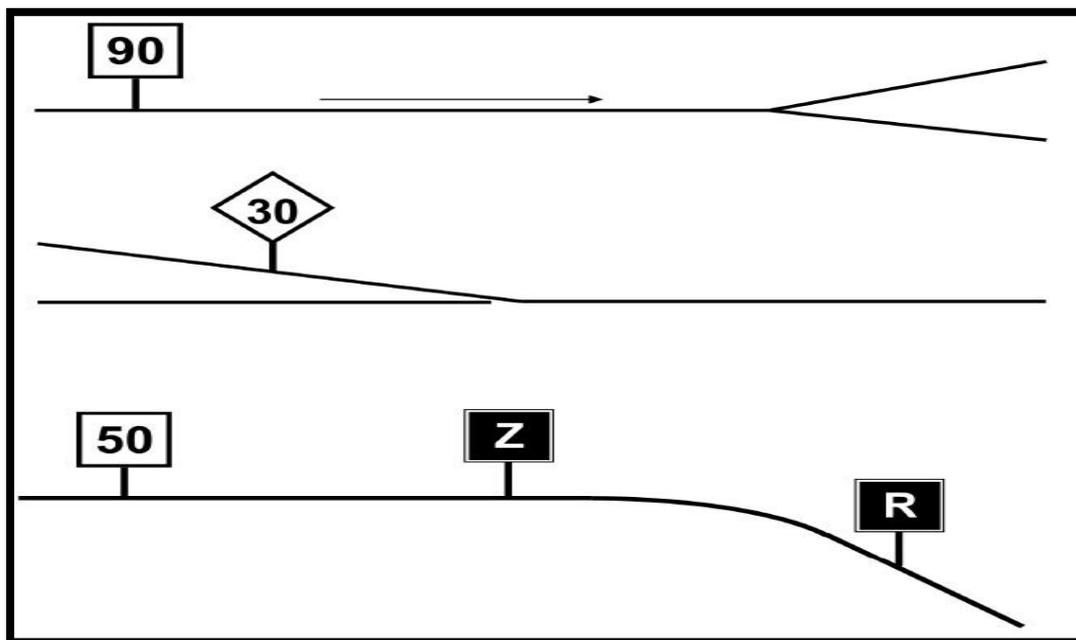


VIII.5.5.4. TIV fixes à distance du type ordinaire

Le TIV fixe à distance commande au conducteur de ne pas dépasser la vitesse indiquée sur le tableau, en kilomètres à l'heure, au franchissement de la partie de voie ou de l'aiguille (ou des aiguilles) intéressée.

Le conducteur ne doit reprendre sa vitesse normale, si rien ne s'y oppose, que lorsque le dernier véhicule de son train a franchi la partie de voie ou l'aiguille (ou la dernière aiguille dans le cas d'aiguilles successives, ou l'aiguille de sortie s'il s'agit d'une gare de voie unique).

A la sortie de certaines voies, il peut être fait usage, groupé avec le carré de sortie correspondant, d'un TIV fixe à distance du type ordinaire, de forme carrée ; les indications de ce tableau ne concernent que l'aiguille ou les aiguilles d'accès aux voies de ligne, l'étendue de la partie de voie à franchir à vitesse limitée n'étant pas jalonnée par des pancartes Z et R.

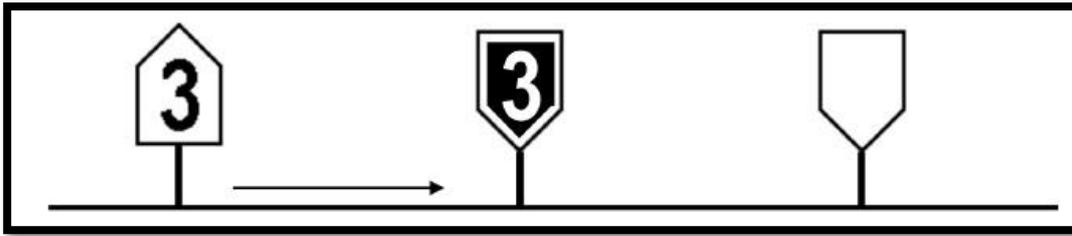


VIII.5.5.5.TIV pentagonaux

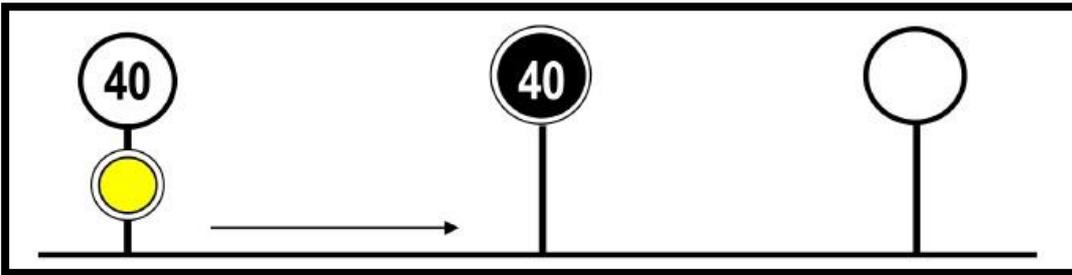
Le TIV à distance, ainsi que le TIV d'exécution, commande au conducteur des trains concernés de ne pas dépasser la vitesse indiquée sur le tableau, en dizaine de kilomètres à l'heure, au franchissement de la partie de voie intéressée.

Un tableau blanc, non éclairé la nuit, de forme pentagonale, pointe en bas, indique la fin de la partie de voie à parcourir à vitesse limitée. Le conducteur ne doit reprendre sa marche normale, si rien ne s'y oppose, que lorsque le dernier véhicule de son train a franchi ce tableau.

Si la limitation de vitesse ne concerne que certaines locomotives (pancarte « L » groupée avec le TIV à distance), le conducteur d'une telle machine peut reprendre sa marche normale, si rien ne s'y oppose, dès que la locomotive a franchi ce tableau.



VIII.5.5.6. Signaux de chantier



VIII.5.5.7. Tableau P de chantier



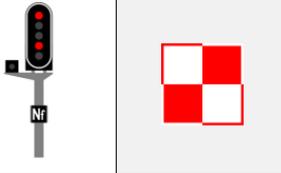
Ce tableau, de forme circulaire, éclairé la nuit ou réflectorisé, présente une flèche orientée vers le haut en noir sur fond blanc.
Il indique au conducteur qu'il ne rencontrera pas de TIV d'exécution et, qu'en conséquence, il est autorisé à reprendre sa marche normale, si rien ne s'y oppose, dès que la tête du train a franchi le tableau.

VIII.5.6. Identification des signaux

- en lettre blanches sur fond noir :
 - Nf** s'il s'agit d'un signal carré ;
 - F** s'il s'agit d'un sémaphore franchissable à l'initiative du conducteur dans les conditions prévues pour le BAL ou d'un feu rouge clignotant ;
 - PR** s'il s'agit d'un sémaphore commandant l'entrée d'un canton de BAPR ;
 - BM** s'il s'agit d'un sémaphore commandant l'entrée d'un canton de BM.
- en lettre noires sur fond blanc :
 - D** s'il s'agit d'un disque ;
 - A** s'il s'agit d'un avertissement.

Les panneaux porteurs d'une plaque D ou A sont de forme circulaire.

VIII.6.APPLICATION A NOTRE PROJET

Désignation	Image	Leur position (Abscisse)
Le carré (C)		3100, 7550, 11650, 21400, 29300
Feu jaune clignotant		950, 2500, 4300, 5360, 15090, 17300, 20850, 21650, 22400
Le feu vert clignotant		20000, 23150
Le feu vert		20150, 23350
Gare		11850, 21500, 29400
Limitations permanentes de vitesse signalisée		990, 2595, 4400, 5460, 15190, 17400, 20960, 21760, 22520
Vitesse supérieure à 60km/h		7450, 15780, 17850, 23120
Pont / Tunnel		3350, 4100, 12200, 12950 et 27100
Entré du tunnel		8250 et 20200

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

LOT 01 : INSTALLATION DE CHANTIER					
N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
1.01	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1	1 397 357 255.66	1 397 357 255.66
1.02	Repli du matériel et des installations du chantier	F	1	52 400 897.09	52 400 897.09
1.03A	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1	262 004 485.43	262 004 485.43
1.03B	Repliement du laboratoire de chantier	F	1	34 933 931.39	34 933 931.39
TOTAL INSTALLATION DE CHANTIER					1 746 696 569.57

LOT 02 : DEGAGEMENT DES EMPRISES					
N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
2.01	Dépose de la voie existante.	ML	132 476.97	2 342.00	310 261 063.74
2.02	Préparation des terrains (Dépose du ballast contaminé et de la partie supérieure du remblai (sur 1 m) de la Voie avec purge et substitution du sol d'assise si nécessaire)	M3	149 000.00	1 064.09	158 549 410.00
2.03	Dépose d'appareils de voie existants.	U	210	33 839.42	7 106 278.20
2.04	Dépose des heurtoirs existants	U	15	255 791.91	3 836 878.65
2.05	Démolition de quai voyageur existant.	M2	9 145	4 992.59	45 657 235.55
2.06	Démolition des fossés et caniveaux existants	ML	4.50	3 056.47	13 754.12
2.07	Abattage d'arbres singuliers diamètre de 20 à 40 cm	U	18	3 841.20	69 141.60
2.08	Démolition d'ouvrage massif	M3	27.640	10 389.67	287 170.48
2.09	Démolition de gabionnage	M3	30	3 749.05	112 471.50
2.10	Démolition d'habitation	M3	4 999.04	4 245.00	21 220 924.80
2.11	Dépose Poteaux et armements	U	426	44 256.25	18 853 162.50
2.12	Dépose Caténaire	Km	30	926 843.73	27 805 311.90
TOTAL DEGAGEMENT DES EMPRISES.....					593 772 803.03

LOT 03 : TERRASSEMENTS GENERAUX					
N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
3.01	Étude d'exécution	F	1.00	125 713 535.22	125 713 535.22
3.02	Décapage de terre végétale sure épaisseur de 0,30 m	M3	120 200.00	527.00	63 345 400.00
3.03	Déblais en terrain meuble mis en remblai	M3	1 012 669.00	812.00	822 287 228.00
3.04	Déblais en terrain meuble mis en dépôt	M3	1 350 225.20	569.00	768 278 138.80
3.05	Déblais en terrain rocheux mis en dépôt	M3	337 556.30	2 056.00	694 015 752.80
3.06	Remblais d'apport en matériaux sélectionné	M3	774 339.62	1 100.00	851 773 582.00
3.07	Traitement des surfaces d'assise des remblais	M2	0.00	263.00	0.00
3.08	Fourniture et pose de gabionnage	M3	1 012.03	9 000.00	9 108 270.00

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

3.09	Fourniture et pose géotextile anti-contaminant	M2	34 065.00	1 160.00	39 515 400.00
3.10	Fourniture et pose de matériaux zone inondable de 0,60 m d'épaisseur	M3	0.00	3 691.00	0.00
3.11	Evacuation des terres en excès à la décharge publique.	M3	0.00	363.00	0.00
3.12	Plus-value de transport au-delà de 5 Km.	M3xK M	0.00	25.00	0.00
3.13	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme de 0,35 m	M3	134 447.50	1 400.00	188 226 500.00
3.14	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation de 0,20 m ép.	M3	65 396.57	3 375.00	220 713 423.75
3.15	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast de 0,20 m ép.	M3	86 605.36	3 375.00	292 293 090.00
TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX.....					4 075 270 320.57

LOT 04 : DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS					
N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
	ASSAINISSEMENT EN GARES				
4.01	Fourniture et mise en œuvre de fosse revêtue de 0,50 m de profondeur	ML	55 000.00	7 062.00	388 410 000.00
4.02	Fourniture et mise en œuvre de tranchée drainant avec buse perforée.				
	a) Ø 250 mm	ML	2 880.00	20 332.00	58 556 160.00
	b) Ø 300 mm	ML	50 300.00	22 212.00	1 117 263 600.00
4.03	Fourniture et pose de regard de contrôle Dim. 0,60 x 0,40 m.	U	96	40 000.00	3 840 000.00
4.04	Fourniture et pose de regard de contrôle Dim. 1,20 x 1,20 m.	U	465	70 000.00	32 550 000.00
4.05	Fourniture et pose de regard de nettoyage Dim. 0,60 x 0,40 m.	U	32	40 000.00	1 280 000.00
4.06	Fourniture et pose de regard de nettoyage Dim. 1,50 x 1,50 m.	U	209	85 000.00	17 765 000.00
4.07	Fourniture et pose de regard avaloir.	U	16	48 000.00	768 000.00
TOTAL ASSAINISSEMENT					
	DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS - TRACE				
4.08	Mise en œuvre de caniveau trapézoïdal en terre.	ML	51 000.00	900.00	45 900 000.00
4.09	Fourniture et mise en œuvre de caniveau trapézoïdal en béton armé élément préfabriqué.	ML	10 000.00	7 000.00	70 000 000.00
4.10	Fourniture et mise en œuvre de fossé en béton armé (prof * largeur totale) Type 05 dim. : 1,50 x 1,50 ml	ML	4 000.0	8 000.00	32 000 000.00
4.11	Fourniture et mise en œuvre de palplanche	M2	3 120.000	65 000.00	202 800 000.00
	Total				1 971 132 760.00

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

	05 - DALOT TYPE : 1 x (2,00 x 2,00)				
4.01	Fouille de fondation y compris l'épuisement	M3	406.250	569.53	231 371.56
4.02	Évacuation des terres en excès à la décharge	M3	406.250	392.97	159 644.06
4.03	Plus-value de transport au-delà de 5 Km	M3xK M	406.250	25.00	10 156.25
4.04	Béton propreté classe 10/15 pour dalot	M3	31.230	10 524.99	328 695.44
4.05	Béton armé classe 25/30 pour dalot	M3	249.590	55 180.43	13 772 483.52
4.06	Fourniture et pose de joint en polystyrène épaisseur 2 cm	M2	17.64	1 435.22	25 317.28
4.07	Fourniture et mise en œuvre badigeonnage des parements enterrés exécuté en flint-kot	M2	555.14	287.04	159 347.39
4.08	Protection des fondations en enrochement en pierres cassée	M3	54.930	6 800.00	373 524.00
4.09	Fourniture et pose de garde-corps métallique h = 1,00 m	ML	18.00	14 010.00	252 180.00
4.10	Fourniture et installation d'un drain perforé (d= 200 mm)	ML	144.40	3 986.00	575 578.40
4.11	Fourniture et pose géotextile	M2	520.000	1 252.97	651 544.40
4.12	Fourniture et pose de matériaux filtrants derrière mur	M3	26.32	3 348.86	88 142.00
4.13	Fourniture et pose de remblais en matériaux sélectionné derrière piédroits piédroits	M3	231.040	3 500.00	808 640.00
4.14	Fourniture et pose de gabionnage	M3	390.000	9 000.00	3 510 000.00

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

	TOTAL + (4 Dalots)				83 786 497.19
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS.....					2 054 919 257.19
.....					

LOT 05 : TRAVAUX VOIE					
N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
5.0 1	Étude d'exécution	F	1	554 053 477.93	554 053 477.93
	01-TRACE			-	-
5.0 2	Fourniture et pose ballast	M3	112 042.940	7 547.68	845 664 257.38
5.0 3	Pose de voie ferrée UIC 60	ML	120 138.92	7 000.00	840 972 440.00
5.0 4	Dépose de la voie au niveau du cisaillement	ML	6 604.00	2 220.65	14 665 172.60
5.0 5	Repose de la voie au niveau du cisaillement	ML	6 604.00	6 244.86	41 241 055.44
5.0 6	a) Soudage aluminothermique	U	834	22 451.05	18 724 175.70
	b) Soudage électrique	U	12 515	22 451.05	280 974 890.75
5.0 7	Fourniture et pose anticheminants	U	50	8 707.79	435 389.50
5.0 8	Fourniture et pose poteaux kilométrique	U	56	17 783.89	995 897.84
5.0 9	Fourniture et pose poteaux hectométrique	U	560	12 472.60	6 984 656.00
5.1 0	Fourniture et pose bornes de repère	U	164	11 272.15	1 848 632.60
5.1 1	Fourniture et pose poteaux de déclivité	U	48	9 024.07	433 155.36
5.1 2	Libération des contraintes du LRS	ML	51 797.52	863.00	44 701 259.76
5.1 3	Homogénéisation des contraintes	ML	300.00	400.00	120 000.00
	FOURNITURE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE				
5.1 4	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	T	8 699.020	330 000.00	2 870 676 600.00
5.1 5	Fourniture des traverses bi-bloc	U	100 020	15 000.00	1 500 300 000.00
5.1 6	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	800 926	1 400.00	1 121 296 400.00
5.1 7	Fourniture semelle cannelée (200x165x9)	U	400 463	300.00	120 138 900.00
	TOTAL - TRACE				7 710 172 882.93

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

09 - GARE DE DREAN					
5.02	Fourniture et pose ballast	M 3	7 050.000	7 547.68	53 211 144.00
5.03	Pose de voie ferrée UIC 60	ML	2 820.00	7 000.00	19 740 000.00
5.04	a) Soudage aluminothermique	U	20	22 451.05	439 591.56
	b) Soudage électrique	U	293	22 451.05	6 585 566.50
5.05	Fourniture et pose traverses de Garage Franc	U	5	59 306.45	296 532.25
5.06	Pose d'un appareil de voie simple type				
	UIC 60 E1 500 1/12 DD	U	2	663 098.70	1 326 197.40
	UIC 60 E1 500 1/12 DG	U	3	663 098.70	1 989 296.10
	FORNITURE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE				
5.07	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	T	340.32	330 000.00	112 305 600.00
5.08	Fourniture des traverses bi-bloc	U	4 700	15 000.00	70 500 000.00
5.09	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	18 800	1 400.00	26 320 000.00
5.10	Fourniture semelle cannelée (200x165x9)	U	9 400	300.00	2 820 000.00
5.11	Fourniture d'un appareil simple type				
	UIC 60 E1 500 1/12 DD	U	2	26 000 000.00	52 000 000.00
	UIC 60 E1 500 1/12 DG	U	3	26 000 000.00	78 000 000.00
5.12	Fourniture et pose de heurtoir	U	1	1 121 901.71	1 121 901.71
TOTAL - GARE DE DREAN					426 655 829.52
10 - GARE DE CHIHANI					
5.02	Fourniture et pose ballast	M 3	7 050.000	7 547.68	53 211 144.00
5.03	Pose de voie ferrée UIC 60	ML	2 820.00	7 000.00	19 740 000.00
5.04	a) Soudage aluminothermique	U	20	22 451.05	439 591.56
	b) Soudage électrique	U	293	22 451.05	6 585 566.50
5.05	Fourniture et pose traverses de Garage Franc	U	12	59 306.45	711 677.40
5.06	Pose d'un appareil de voie simple type				
	UIC 60 E1 500 1/12 DD	U	6	663 098.70	3 978 592.20
	UIC 60 E1 500 1/12 DG	U	6	663 098.70	3 978 592.20
	FORNITURE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE		0	-	-
5.07	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	T	340.32	330 000.00	112 305 600.00
5.08	Fourniture des traverses bi-bloc	U	4 700	15 000.00	70 500 000.00
5.09	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	18 800	1 400.00	26 320 000.00
5.10	Fourniture semelle cannelée (200x165x9)	U	9 400	300.00	2 820 000.00
5.11	Fourniture d'un appareil simple type				
	UIC 60 E1 500 1/12 DD	U	6	26 000 000.00	156 000 000.00
	UIC 60 E1 500 1/12 DG	U	6	26 000 000.00	156 000 000.00
5.12	Fourniture et pose de heurtoir	U	1	1 121 901.71	1 121 901.71
Total GARE DE CHIHANI					613 712 665.57
11 - GARE DE BOUKAMOUZA					
5.02	Fourniture et pose ballast	M 3	7 050.000	7 547.68	53 211 144.00
5.03	Pose de voie ferrée UIC 60	ML	2 820.00	7 000.00	19 740 000.00
5.04	a) Soudage aluminothermique	U	20	22 451.05	439 591.56

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

	b) Soudage électrique	U	293	22 451.05	6 585 566.50
5.05	Fourniture et pose traverses de Garage Franc	U	11	59 306.45	652 370.95
5.06	Pose d'un appareil de voie simple type				
	UIC 60 E1 500 1/12 DD	U	5	663 098.70	3 315 493.50
	UIC 60 E1 500 1/12 DG	U	6	663 098.70	3 978 592.20
	FORNITURE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE		0	-	-
5.07	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	T	340.32	330 000.00	112 305 600.00
5.08	Fourniture des traverses bi-bloc	U	4 700	15 000.00	70 500 000.00
5.09	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	18 800	1 400.00	26 320 000.00
5.10	Fourniture semelle cannelée (200x165x9)	U	9 400	300.00	2 820 000.00
5.11	Fourniture d'un appareil simple type				
	UIC 60 E1 500 1/12 DD	U	5	26 000 000.00	130 000 000.00
	UIC 60 E1 500 1/12 DG	U	6	26 000 000.00	156 000 000.00
5.12	Fourniture et pose de heurtoir	U	1	1 121 901.71	1 121 901.71
Total GARE DE BOUKAMOUZA					586 990 260.42
TOTAL TRAVAUX VOIE.....					9337531638.43

LOT 06 : OUVRAGES D'ART

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
6.01	Étude d'exécution et étude géotechnique	F	1.00	343 377 212.31	343 377 212.31

PASSAGE SUPERIEUR					
				0.00	0.00
6.03	Démolition de chaussée	M2	1 491.00	400.00	596 400.00
6.04	Débroussaillage	M2	2 130.00	101.61	216 429.30
6.05	Décapage de la terre végétale	M3	298.20	527.76	157 378.03
6.06	Déblais en terrain meuble	M3	1 268.83	569.60	722 725.57
6.07	Remblais d'apport en matériaux sélectionné	M3	8 362.48	1 100.00	9 198 728.00
	COUCHES DE CHAUSSEE			0.00	0.00
6.08	Couche de roulement en béton bitumineux épais : 6 cm	T	391.40	13 000.00	5 088 200.00
6.09	Couche d'accrochage en émulsion cationique à raison de 0,3 kg/m ²	M ²	2 718.05	200.00	543 610.00
6.10	Couche de base en grave Bitume épais : 12 cm	T	782.80	12 000.00	9 393 600.00
6.11	Couche de fondation en grave non traitée épais : 25 cm	M3	617.01	3 375.40	2 082 655.55
	DRAINAGE		0.00	0.00	0.00
6.12	Profondeur du fossé revêtu 0,50 m	ML	987.22	7 900.00	7 799 038.00
6.13	Descente d'eau type 1 (pose de cunette préfabriquées sur talus)	ML	80.00	8 267.12	661 369.60
	EQUIPEMENT ROUTIERS			0.00	0.00
6.14	Marquage de la chaussée en lignes continues Largeur 12 cm	ML	60.00	300.00	18 000.00
6.15	Marquage de la chaussée en lignes discontinues largeur 18 cm	ML	483.61	500.00	241 805.00
6.16	Flèches de direction marquées sur chaussées			0.00	0.00
	Type A Flèche de rabattement, longueur 6,00 m	U	12.00	1 400.00	16 800.00
	Signalisation verticale			0.00	0.00

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

6.17	Type A signaux d'avertissement de danger	U	4.00	3 938.61	15 754.44
	Type B signaux de priorité	U	8.00	3 938.61	31 508.88
	Type C : signaux d'interdiction ou de restriction	U	4.00	3 938.61	15 754.44
	Type E/A : signaux de pré signalisation	U	4.00	3 938.61	15 754.44
	Type E/B : signaux de direction	U	4.00	3 938.61	15 754.44
6.18	Fouille de fondation y compris l'épuisement	M3	2 044.61	1 416.34	2 895 862.93
6.19	Remblai pour fouille	M3	1 021.44	1 699.61	1 736 049.64
6.20	Evacuation des terres en excès à la décharge	M3	1 023.18	220.00	225 099.60
6.21	Plus-value de transport au-delà de 5 Km	M3x KM	1 023.18	18.19	18 611.64
6.22	Exécution des pieux Ø 1,20 m y compris le recépage	ML	320.00	38 000.00	12 160 000.00
6.23	Essais d'auscultation sonique	U	16.00	78 443.53	1 255 096.48
6.24	Béton de propreté sous semelles liaison et semelles mur soutènement, dalle de transition épaisseur 10 c m.	M3	110.94	11 984.43	1 329 552.66
6.25	Béton armé C30/35 pour pieux, semelles liaison et semelles mur soutènement, dalle de transition	M3	1 286.32	57 000.00	73 320 240.00
6.26	Badigeonnage des parements enterrés exécuté en Flint-Kot	M2	1 369.71	312.33	427 801.52
6.27	Béton armé C30/35 pour culée, pile, mur de soutènement.	M3	1 596.93	57 000.00	91 025 010.00
6.28.	Fourniture et pose poutres précontraintes Lg 1 =25,00m	U	8.00	1 660 180.48	13 281 443.84
6.29	Béton armé C30/35 pour hourdis	M3	65.00	57 000.00	3 705 000.00
6.30	Béton armé pour les trottoirs et les corniches	M3	251.64	38 000.00	9 562 320.00
6.31	Coffrage perdu en TN 40 sous hourdis	M2	162.50	5 229.57	849 805.13
6.32	Couche d'étanchéité du tablier	M2	325.00	3 268.48	1 062 256.00
6.33	Garde-corps acier inoxydable pour pont route et murs de soutènement et mise selon les plans correspondant	ML	466.00	25 000.00	11 650 000.00
6.34	Glissières de sécurité	ML	466.00	15 000.00	6 990 000.00
6.35	Garde-fou	ML	50.00	60 000.00	3 000 000.00
6.36	Joints de dilatation	ML	18.60	110 281.16	2 051 229.58
6.37	Dispositif d'appui de pont	U	12.00	230 000.00	2 760 000.00
6.38	Fourniture et pose de gargouilles en plomb laminé et crapaudines Ø 110	U	8.00	13 073.92	104 591.36
6.39	Descente d'eau en PVC Ø 110	ML	65.60	3 922.18	257 295.01
6.40	Gaine des réservations en PVC Ø 80	ML	1 398.00	1 400.00	1 957 200.00
	TOTAL + (9 passage supérieur)			0.00	2506101580.00

OUVRAGE D'ART FERROVIAIRE				0.00	0.00
6.03	Fouille de fondation y compris l'épuisement	M3	3 294.40	1 416.34	4 665 990.50
6.04	Remblai Pour Fouille	M3	2 306.08	1 699.61	3 919 436.63
6.05	Evacuation des terres en excès à la décharge	M3	988.32	220.00	217 430.40
6.06	Plus-value de transport au-delà de 5 Km	M3x KM	988.32	18.19	17 977.54
6.07	Exécution des pieux Ø 1,20 m y compris le recépage	ML	1 200.00	38 000.00	45 600 000.00
6.08	Essais d'auscultation sonique	U	60.00	78 443.53	4 706 611.80
6.09	Béton de propreté sous semelles liaison et semelles mur soutènement, dalle de transition épaisseur 10 c m.	M3	127.89	11 984.43	1 532 688.75
6.10	Béton armé C30/35 pour pieux, semelles liaison, semelles mur soutènement, dalle de transition	M3	1 465.80	57 000.00	83 550 600.00
6.11	Badigeonnage des parements enterrés exécuté en Flint-Kot	M2	2 053.00	312.33	641 213.49

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

6.12	Béton armé C30/35 pour culée, pile, mur de soutènement	M3	846.53	57 000.00	48 252 210.00
6.13	Poutre en charpente métallique (PRS)	KG	801 610.00	700.00	561 127 000.00
6.14	Béton armé C30/35 pour hourdis	M3	720.00	60 000.00	43 200 000.00
6.15	Béton armé pour les trottoirs et les corniches	M3	233.28	38 000.00	8 864 640.00
6.16	Coffrage perdu en TN 40 sous hourdis	M2	627.44	5 229.57	3 281 241.40
6.17	Couche d'étanchéité du tablier	M2	1 260.00	3 268.48	4 118 284.80
6.18	Garde-corps acier inoxydable pour ponts ferroviaires et murs de soutènement et mise selon les plans correspondant	ML	432.00	25 000.00	10 800 000.00
6.19	Joints de dilatation	ML	41.00	230 000.00	9 430 000.00
6.20	Dispositif d'appui de pont	U	16.00	2 000 000.00	32 000 000.00
6.21	Fourniture et pose de gargouilles en plomb laminé et crapaudines Ø 110	U	8.00	13 073.92	104 591.36
6.22	Descente d'eau en PVC Ø 110	ML	80.00	3 922.00	313 760.00
6.23	Gaine des réservations en PVC Ø 80	ML	1 296.00	1 400.00	1 814 400.00
TOTAL + (5 ouvrage d'art)				0.00	4340790383.00

F - TUNNEL N° 01				0.00	0.00
6.03	Terrassement et reprofilage des talus + béton projeté + TS et boulons d'ancrage	U	2.00	271 886 092.50	543 772 185.00
6.04	déblai mise en dépôt	M3	132 000.00	4 858.95	641 381 400.00
6.05	Evacuation des terres en excès à la décharge	M3	132 000.00	363.91	48 036 120.00
6.06	Plus-value de transport au-delà de 5 Km	M3x KM	132 000.00	25.00	3 300 000.00
6.07	Béton projeté B25 et pose de treillis soudé en deux nappes	M3	11 000.00	34 060.50	374 665 500.00
6.08	Cintre en HEB 180	KG	2 312 000.00	456.30	1 054 965 600.00
6.09	Boulon en fibre de verre	U	5 000.00	19 053.00	95 265 000.00
6.10	Boulon en HA 25 L=3,0 m, (forepoling)	U	8 333.00	11 542.50	96 183 652.50
6.11	Tube pétrolier d=112mm, utilisé comme voute parapluie aux attaques	ML	1 200.00	37 777.50	45 333 000.00
6.12	Membrane d'étanchéité en PVC 2mm	M2	22 500.00	3 610.50	81 236 250.00
6.13	Géotextile 500g/m2 pour protection d'étanchéité	M2	22 500.00	2 683.95	60 388 875.00
6.14	Drain perforé en PVC diam=200 mm	ML	1 900.00	20 559.55	39 063 145.00
6.15	Drain centrale pour drainage de la plateforme d=150mm	ML	950.00	10 587.90	10 058 505.00
6.16	Collecteur centrale d=400mm	ML	950.00	14 337.60	13 620 720.00
6.17	Regard siphonide	U	20.00	266 206.95	5 324 139.00
6.18	Béton de remplissage	M3	5 700.00	10 553.90	60 157 230.00
6.19	Béton B30	M3	19 380.00	25 895.55	501 855 759.00
6.20	Armature en HA Fe500	KG	950 000.00	189.00	179 550 000.00
6.21	Fourreaux en PVC pour les équipements	ML	9 000.00	217.50	1 957 500.00
6.22	Réservoir + poteau	U	8.00	448 728.60	3 589 828.80
6.23	Conduite d'incendie	ML	2 400.00	65 989.50	158 374 800.00
6.24	Main courante le long des pénétrations	ML	1 900.00	13 485.00	25 621 500.00
TOTAL TUNNEL 01				0.00	4 043 700 709.30

F - TUNNEL N° 02				0.00	0.00
6.03	Terrassement et reprofilage des talus + béton projeté + TS et boulons d'ancrage	U	2.00	247 169 175.00	494 338 350.00
6.04	Déblai mise en dépôt	M3	209 000.00	4 858.95	1 015 520 550.00
6.05	Evacuation des terres en excès à la décharge	M3	209 000.00	363.91	76 057 190.00

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

6.06	Plus-value de transport au-delà de 5 Km	M3xK M	209 000.00	25.00	5 225 000.00
6.07	Béton projeté B25 et pose de treillis soudé en deux nappes	M3	5 500.00	34 060.50	187 332 750.00
6.08	Cintre en HEB 180	KG	3 660 700.00	456.30	1 670 377 410.00
6.09	Boulon en fibre de verre	U	3 600.00	19 053.00	68 590 800.00
6.10	Boulon en HA 25 L=3,0 m, (forepoling)	U	3 600.00	11 542.50	41 553 000.00
6.11	Tube pétrolier d=112mm, utilisé comme voute parapluie aux attaques	ML	1 900.00	37 777.50	71 777 250.00
6.12	Membrane d'étanchéité en PVC 2 mm	M2	15 000.00	3 610.50	54 157 500.00
6.13	Géotextile 500g/m2 pour protection d'étanchéité	M2	15 000.00	2 683.95	40 259 250.00
6.14	Drain perforé en PVC diam=200 mm	ML	1 300.00	20 559.55	26 727 415.00
6.15	Drain centrale pour drainage de la plateforme d=150mm	ML	650.00	10 587.90	6 882 135.00
6.16	Collecteur centrale d=400mm	ML	650.00	14 337.60	9 319 440.00
6.17	Regard siphonide	U	14.00	266 206.95	3 726 897.30
6.18	Béton de remplissage	M3	3 800.00	10 553.90	40 104 820.00
6.19	Béton B30	M3	13 260.00	25 895.55	343 374 993.00
6.20	Armature en HA Fe500	KG	650 000.00	189.00	122 850 000.00
6.21	Fourreaux en PVC pour les équipements	ML	6 000.00	217.50	1 305 000.00
6.22	Réservoir + poteau	U	6.00	448 728.60	2 692 371.60
6.23	Conduite d'incendie	ML	5 700.00	65 989.50	376 140 150.00
6.24	Main courante le long des piédroits	ML	1 300.00	13 485.00	17 530 500.00
TOTAL TUNNEL 02				0.00	4 675 842 771.90
TOTAL DES OUVRAGES D'ART.....					15909812656.58

LOT 07 : TRAVAUX DE QUAIS ET ANNEXE

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
Total Gare de DREAN.....					225216659.56
Total Gare de CHIHANI.....					220807709.56
Total Gare de BOUKAMOUZA.....					220378499.56
Total Halte OUED FRAGHA.....					213432233.96
Total Halte BOUDEROUA.....					208013872.46
Total Travaux de Quais et Annexe					1087848975.11

LOT 08 : TRAVAUX DE BATIMENT

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
Total Bâtiment Gare de DREAN.....					51367103.24
Total Bâtiment Gare de CHIHANI.....					37209708.29
Total Bâtiment Gare de BOUKAMOUZA.....					24883387.04
Total Bâtiment Halte OUED FRAGHA.....					37209708.29
Total Bâtiment Halte BOUDEROUA					24730824.64
Total travaux de Bâtiment					175400731.50

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

LOT N° 09 : DEPLACEMENT DES CONTRAINTES RESEAUX					
N° des Prix	Désignation des travaux	Unit é	Quantités	Prix unit.	Montant
9.01	DEPLACEMENT DES LIGNES AERIENNES CANALISATIONS, CABLES ET OUVRAGES SOUTERRAINS.	P	1	/	900 000 000.00
TOTAL LOT : 09 - DEPLACEMENT DES CONTRAINTES RESEAUX.					900 000 000.00

RECAPITULATION GENERALE		
La ligne Bouchegouf – Dréan		
N°LOTS	DESIGNATIONS DES LOTS	Montant Total
LOT N° 01	INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECUTION	1 746 696
		569.57
LOT N° 02	DEGAGEMENT DES EMPRISES	593 772
		803.03
LOT N° 03	TERRASSEMENTS GENERAUX	4 075 270
		320.57
LOT N° 04	DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS	2 054 919
		257.19
LOT N° 05	TRAVAUX VOIE	9 337 531
		638.43
LOT N° 06	OUVRAGES D'ART	15 909 812
		656.58
LOT N° 07	QUAIS, ABRIS DE QUAI ET PASSAGES SOUTERRAINS DE LA GARE	1 087 848
		975.11
LOT N° 08	BATIMENT VOYAGEURS	175 400
		731.50
LOT N° 09	DEPLACEMENT DES CONTRAINTES RESEAUX	900 000
		000.00
MONTANT DU MARCHÉ HT		35 881 252
		951.98
MONTANT DE LA TVA (19 %)		6 817 438
		060.88
MONTANT DU MARCHÉ EN TTC		42 698 691 012.86
ARRETE LE MONTANT DU PRESENT MARCHÉ EN TOUTES TAXES COMPRISES A LA SOMME DE :		
Quarante-deux Milliard, six cent quatre-vingt-dix-huit Millions, six cent quatre-vingt-onze Mille, douze Dinars et quatre-vingt-six Centimes.		

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La fonction du transport ferroviaire est essentielle dans le développement de l'infrastructure des villes et des pays, où elle joue un rôle important en facilitant le mouvement des biens et des personnes. Grâce à sa capacité à transporter de grandes quantités de marchandises et de passagers efficacement et rapidement, le transport ferroviaire est considéré comme une solution aux problèmes de congestion routière et de pollution environnementale causés par d'autres moyens de transport. De plus, l'investissement dans le développement et la modernisation des réseaux de transport ferroviaire peut contribuer à renforcer le développement économique et à promouvoir la connectivité entre différentes régions.

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous avons étudié un tronçon de la ligne Est reliant les villes de Bouchegouf et Dréan situés respectivement dans les wilayas de Guelma et de Taref. L'étude s'étend sur une distance d'environ 30 kilomètres dont le but est d'augmenter la capacité de cette ligne ferroviaire et d'améliorer et de corriger son trajet. Le processus de développement est basé sur les normes de l'UIC, tout en respectant les conditions et exigences de la SNTF pour garantir la construction de la ligne à une vitesse de 80 km/h pour les trains marchandises et de 120 km/h pour les trains voyageurs, en garantissant le confort et la sécurité des passagers.

Nous avons utilisé des logiciels tels que Google Earth, Covadis et Autocad pour nous aider à réaliser ce projet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Dr. BEN AMMAR Ben Khadda, COURS DE CHEMIN DE FER, Master 2 Voies et Ouvrages d'Art, 2021/2022.
- [2] BOUZEBODJA.M et OUGUENOUN.H, Etude en APD du tronçon El Affroun- Bourkika avec aménagement d'une gare, 2021/2022.
- [3] <https://fr.lovepik.com/image-361362221/a-vintage-steam-train-embarks-on-a-journey-along-a.html>.
- [4] BARKA ABSAKINE. A et MBAINAISSEM SAMBIM. D, ETUDE DE LA LIGNE FERROVIAIRE BOUCHEGOUF – EL KHROUB, 2015/2016.
- [5] <https://www.cdha.fr/la-premiere-ligne-de-chemin-de-fer-en-algerie>.
- [6] Dr. BouteldjaFathe, COURS DE CHEMIN DE FER, Master 2 Voies et Ouvrages d'art.
- [7] ANESRIF [www.anesrif.dz].
- [8] Avantages et inconvénients du transport ferroviaire.
<https://fr.triangleinnovationhub.com/advantages-disadvantages-railway-transport>.
- [9] SETIRAIL, MISSION C : « ETUDE DE PREPARATION A LA REALISATION » SOUS MISSION C4 : « ETUDE ENVIRONNEMENTALE » SECTION NORD « ANNABA – BOUCHEGOUF : Du PK 0+000 au PK 54+734 », version 3, mai 2022.
- [10] Monographie de la wilaya d'El Taref, ANDI, 2013.
- [11] Monographie de la wilaya de Guelma, ANDI, 2013.
- [12] Office national des statistiques (2008) : <https://www.ons.dz/>.
- [13] BIDI. Miloud et DJOUAL Salah eddine , Etude en APD De La Nouvelle Ligne Ferroviaire voie unique (DJELFA-LAGHOUAT) (Du pk 00+000 au pk 08+000) Avec l'aménagement de la gare mixte de DJELFA. Promo 2017-2018.
- [14] MELIZI. A et OURANADER Siradj Abderraouf . Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA-KHANCHELA du PK 21+388 au PK 35+510 avec l'aménagement et la conception de la gare de M'TOUSSA. Promotion 2022 / 2023.
- [15] SAIM Lynda et SID ALI Tahar . Étude du tracé de la voie ferrée Thénia Tizi Ouzou tronçon Thénia Naciria du PK 0+000 au PK 26+200. Promotion 2022.
- [16] SNTF : Référentiel technique – Chapitre 6 : Géométrie de la voie.
- [17] IN 0272 (EF 2 C 32) – Version 01 du 12-09-2006.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [18] MELIZI. A et OURANADER Siradj Abderraouf . Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA-KHANCHELA du PK 21+388 au PK 35+510 avec l'aménagement et la conception de la gare de M'TOUSSA. Promotion 2022 / 2023.
- [19] HENNI Hichem . ÉTUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE À VOIE UNIQUE TIARET-SAIDA DU PK108+475 AU PK 123+000. ENSTP 2016.
- [20] Hamidani Celia et Mahiou Thiziri. Étude du tracé de la nouvelle ligne Ferroviaire entre el Affron (Blida) et port centre – Cherchelle (Tipaza) du PK19+000 au PK29+000. Promotion 2021-2022.
- [21] M.MEGUELLATI Abde Rahim. ÉTUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE A DOUBLE VOIES ÉLECTRIFIÉES AFFROUN-TIPAZA DU PK 30+000 AU PK 38+000.
- [22] F. S.-M. Rafik, "ÉTUDE EN A.P.D DE LA VOIE FERRÉE DU MÉTRO D'ALGER - Ligne 1-Phase 1 - du PK 1+159 au PK 9+434," Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, PRPMO2009.
- [23] J. ALIAS, LA VOIE FERREE TECHNIQUES DE CONSTRUCTION ET D'ENTRETIEN, 1984.
- [24] SETIRAIL, «MISSION B : ÉTUDE DE FAISABILITÉ» SOUS MISSION B10 : GÉOTECHNIQUE Section 01 : (ANNABA - BOUCHEGOUF PK 0+000 – PK 0+000 – PK 53+900), Version V02, AVRIL 2023.
- [25] BENAOUALI AMEL et BOUABDELLI MISSOUME YANIS, ÉTUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE A VOIE UNIQUE TIARET – SAIDA.
- [26] P. CHAPAS, "Traction ferroviaire", Alstom Transport, Septembre, 1999.
- [27] https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_ferroviaire_en_Alg%C3%A9rie#/media/Fichier:Chemin_d_e_fer_en_alg%C3%A9rie.PNG.
- [28] France. "Reprenant les principales caractéristiques qui ont fait le succès des attaches Nabla depuis plusieurs décennies," <https://fr.pandrol.com/product/pandrol-nabla-evolution/>.
- [29] https://lafibre.info/images/doc/198710_la_signalisation_ferroviaire_roger_retiveau.pdf
- [30] <https://fac.umc.edu.dz/fstech/cours/Electronique/Signalisation.pdf>
- [31] <https://letraindemanu.fr/2023/10/20/signalisation-ferroviaire-les-principaux-signaux/>
- [32] <https://youtu.be/4yyOeGVjc18>
- [33] <https://aida.ineris.fr/reglementation/arrete-250815-modifiant-larrete-19-mars-2012-fixant-objectifs-methodes-indicateurs>.

ANNEXE

Annexe

Annexe 01 : Axe En Plan

Éléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	392.2567	668.180	0.000	385458.683	4039650.556
Clothoïde 1	Paramètre	-254.951	65.000	668.180	385377.611	4040313.799
Arc 1	Rayon	-1000.000	132.606	733.180	385370.424	4040378.398
	Centre X	386366.454				
	Centre Y	4040467.412				
Clothoïde 2	Paramètre	254.951	65.000	865.787	385367.399	4040510.873
Droite 2	Gisement	4.8367	95.911	930.787	385371.630	4040575.732
Clothoïde 3	Paramètre	197.484	65.000	1026.698	385378.910	4040671.366
Arc 2	Rayon	600.000	134.261	1091.698	385382.672	4040736.249
	Centre X	384782.815				
	Centre Y	4040749.332				
Clothoïde 4	Paramètre	-197.484	65.000	1225.959	385370.620	4040869.686
Droite 3	Gisement	383.6945	524.402	1290.959	385355.293	4040932.845
Clothoïde 5	Paramètre	254.951	65.000	1815.361	385222.443	4041440.140
Arc 3	Rayon	1000.000	273.480	1880.361	385205.297	4041502.835
	Centre X	384246.661				
	Centre Y	4041218.198				
Clothoïde 6	Paramètre	-254.951	65.000	2153.840	385092.796	4041751.168
Droite 4	Gisement	362.1462	368.413	2218.840	385056.971	4041805.401
Clothoïde 7	Paramètre	-253.377	107.000	2587.253	384850.592	4042110.583
Arc 4	Rayon	-600.000	414.174	2694.253	384793.333	4042200.928
	Centre X	385318.310				
	Centre Y	4042491.444				
Clothoïde 8	Paramètre	253.377	107.000	3108.428	384728.532	4042601.724
Droite 5	Gisement	17.4445	1194.393	3215.428	384754.404	4042705.510
Clothoïde 9	Paramètre	253.377	107.000	4409.820	385077.608	4043855.341
Arc 5	Rayon	600.000	280.862	4516.820	385103.479	4043959.128
	Centre X	384513.701				
	Centre Y	4044069.408				
Clothoïde 10	Paramètre	-253.377	107.000	4797.683	385089.792	4044237.096
Droite 6	Gisement	376.2910	549.519	4904.683	385053.849	4044337.838
Clothoïde 11	Paramètre	-253.377	107.000	5454.202	384853.896	4044849.688
Arc 6	Rayon	-600.000	316.691	5561.202	384817.953	4044950.431
	Centre X	385394.044				
	Centre Y	4045118.119				
Clothoïde 12	Paramètre	253.377	107.000	5877.893	384811.898	4045263.399
Droite 7	Gisement	21.2460	690.718	5984.893	384843.917	4045365.457
Clothoïde 13	Paramètre	-252.389	91.000	6675.611	385070.177	4046018.066
Arc 7	Rayon	-700.000	546.907	6766.611	385101.836	4046103.363
	Centre X	385746.924				
	Centre Y	4045831.588				
Clothoïde 14	Paramètre	252.389	91.000	7313.518	385480.294	4046478.819
Droite 8	Gisement	79.2609	808.463	7404.518	385565.841	4046509.798
Clothoïde 15	Paramètre	254.951	65.000	8212.981	386331.783	4046768.536
Arc 8	Rayon	1000.000	344.979	8277.981	386393.132	4046790.003
	Centre X	386042.479				
	Centre Y	4047726.509				
Clothoïde 16	Paramètre	-254.951	65.000	8622.960	386689.177	4046963.763
Droite 9	Gisement	53.1609	252.034	8687.960	386737.831	4047006.860
Clothoïde 17	Paramètre	-252.389	91.000	8939.994	386924.671	4047176.011

Annexe

Arc 9	Rayon	-700.000	142.967	9030.994	386993.426	4047235.598
	Centre X	387428.526				
	Centre Y	4046687.248				
Clothoïde 18	Paramètre	252.389	91.000	9173.961	387113.687	4047312.449
Droite 10	Gisement	74.4392	655.705	9264.961	387196.644	4047349.811
Clothoïde 19	Paramètre	254.951	65.000	9920.667	387800.203	4047606.066
Arc 10	Rayon	1000.000	393.578	9985.667	387859.752	4047632.114
	Centre X	387439.241				
	Centre Y	4048539.401				
Clothoïde 20	Paramètre	-254.951	65.000	10379.245	388175.542	4047862.747
Droite 11	Gisement	45.2452	220.636	10444.245	388218.475	4047911.545
Clothoïde 21	Paramètre	-254.951	65.000	10664.881	388362.412	4048078.765

Arc 11	Rayon	-1000.000	204.701	10729.881	388405.345	4048127.564
	Centre X	389141.646				
	Centre Y	4047450.910				
Clothoïde 22	Paramètre	254.951	65.000	10934.582	388558.264	4048263.108
Droite 12	Gisement	62.4149	325.144	10999.582	388611.864	4048299.874
Clothoïde 23	Paramètre	300.000	60.000	11324.726	388881.969	4048480.875
Arc 12	Rayon	1500.000	437.728	11384.726	388931.588	4048514.607
	Centre X	388071.813				
	Centre Y	4049743.748				
Clothoïde 24	Paramètre	-300.000	60.000	11822.454	389248.856	4048813.925
Droite 13	Gisement	41.2906	887.702	11882.454	389285.417	4048861.498
Clothoïde 25	Paramètre	-300.000	60.000	12770.157	389821.647	4049568.939
Arc 13	Rayon	-1500.000	221.769	12830.157	389858.208	4049616.511
	Centre X	391035.251				
	Centre Y	4048686.689				
Clothoïde 26	Paramètre	300.000	60.000	13051.925	390008.019	4049779.755
Droite 14	Gisement	53.2493	2075.360	13111.925	390052.285	4049820.257
Clothoïde 27	Paramètre	253.377	107.000	15187.285	391592.743	4051210.979
Arc 14	Rayon	600.000	364.868	15294.285	391669.972	4051284.983
	Centre X	391229.844				
	Centre Y	4051692.767				
Clothoïde 28	Paramètre	-253.377	107.000	15659.153	391824.044	4051609.542
Droite 15	Gisement	3.1825	889.148	15766.153	391832.561	4051716.164
Clothoïde 29	Paramètre	252.982	80.000	16655.301	391876.992	4052604.202
Arc 15	Rayon	800.000	193.371	16735.301	391879.657	4052684.148
	Centre X	391079.657				
	Centre Y	4052684.141				
Clothoïde 30	Paramètre	-252.982	80.000	16928.672	391856.398	4052875.642
Droite 16	Gisement	381.4284	393.096	17008.672	391834.673	4052952.626
Clothoïde 31	Paramètre	-253.377	107.000	17401.768	391721.617	4053329.113
Arc 16	Rayon	-600.000	212.299	17508.768	391693.912	4053432.425
	Centre X	392281.646				
	Centre Y	4053553.129				
Clothoïde 32	Paramètre	253.377	107.000	17721.067	391688.498	4053643.549
Droite 17	Gisement	15.3070	458.469	17828.067	391710.871	4053748.145
Clothoïde 33	Paramètre	268.328	60.000	18286.536	391820.047	4054193.426
Arc 17	Rayon	1200.000	1762.866	18346.536	391833.849	4054251.815
	Centre X	390661.590				
	Centre Y	4054508.351				
Clothoïde 34	Paramètre	-268.328	60.000	20109.403	391035.860	4055648.492
Droite 18	Gisement	318.6010	789.059	20169.403	390978.551	4055666.252

Annexe

Clothoïde 35	Paramètre	-253.377	107.000	20958.462	390222.934	4055893.536
Arc 18	Rayon	-600.000	375.671	21065.462	390121.466	4055927.375
	Centre X	390344.771				
	Centre Y	4056484.273				
Clothoïde 36	Paramètre	253.377	107.000	21441.132	389837.481	4056163.871
Droite 19	Gisement	369.8139	205.322	21548.132	389785.837	4056257.539
Clothoïde 37	Paramètre	253.377	107.000	21753.455	389692.088	4056440.210
Arc 19	Rayon	600.000	339.781	21860.455	389640.444	4056533.878
	Centre X	389133.154				
	Centre Y	4056213.476				
Clothoïde 38	Paramètre	-253.377	107.000	22200.236	389389.350	4056756.029
Droite 20	Gisement	322.4089	209.270	22307.236	389290.087	4056795.874
Clothoïde 39	Paramètre	-253.377	107.000	22516.506	389093.648	4056868.025
Arc 20	Rayon	-600.000	380.601	22623.506	388994.384	4056907.870
	Centre X	389250.581				
	Centre Y	4057450.423				
Clothoïde 40	Paramètre	253.377	107.000	23004.107	388722.684	4057165.248
Droite 21	Gisement	374.1450	483.780	23111.107	388677.526	4057262.210
Clothoïde 41	Paramètre	-254.951	65.000	23594.887	388486.406	4057706.638
Arc 21	Rayon	-1000.000	332.555	23659.887	388461.377	4057766.623
	Centre X	389392.386				
	Centre Y	4058131.619				
Clothoïde 42	Paramètre	254.951	65.000	23992.441	388393.229	4058090.556
Droite 22	Gisement	399.4541	414.285	24057.441	388391.968	4058155.541
Clothoïde 43	Paramètre	-252.389	91.000	24471.726	388388.416	4058569.810
Arc 22	Rayon	-700.000	398.220	24562.726	388389.607	4058660.785
	Centre X	389088.493				
	Centre Y	4058621.308				
Clothoïde 44	Paramètre	252.389	91.000	24960.946	388520.946	4059031.053
Droite 23	Gisement	43.9466	541.452	25051.946	388577.349	4059102.444
Clothoïde 45	Paramètre	300.000	60.000	25593.398	388922.133	4059519.930
Arc 23	Rayon	1500.000	2366.245	25653.398	388960.030	4059566.445
	Centre X	387784.587				
	Centre Y	4060498.290				
Clothoïde 46	Paramètre	-300.000	60.000	28019.643	388708.535	4061679.950
Droite 24	Gisement	340.9735	666.870	28079.643	388660.780	4061716.274
Clothoïde 47	Paramètre	-252.389	91.000	28746.514	388127.328	4062116.454
Arc 24	Rayon	-700.000	558.030	28837.514	388055.747	4062172.616
	Centre X	388511.293				
	Centre Y	4062704.103				
Clothoïde 48	Paramètre	252.389	91.000	29395.544	387812.771	4062658.635
Droite 25	Gisement	0.0000	282.375	29486.544	387810.800	4062749.596
				29768.919	387810.800	4063031.971
Longueur totale de l'axe 29768.919 mètres						

Annexe 02 : Profil en long

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	93.781	385458.683, 4039650.556	93.781
Pente = -0.604 %	1599.341	1599.371				
			1599.341	84.113	385277.169, 4041231.167	91.248
Arc de parabole	119.901	119.902				
Rayon = 15000.0000						
S bas = 1690.009						
Z bas = 83.839						
			1719.243	83.868	385246.793, 4041347.158	88.737
Rampe = 0.195 %	1577.140	1577.143				
			3296.383	86.941	384776.310, 4042783.444	80.240
Arc de parabole	148.519	148.521				
Rayon = -15000.0000						
S haut = 3325.616						
Z haut = 86.970						
			3444.902	86.496	384816.500, 4042926.423	78.788
Pente = -0.795 %	1607.709	1607.760				
			5052.611	73.711	385000.023, 4044475.626	76.433
Arc de parabole	136.576	136.577				
Rayon = 18000.0000						
			5189.186	73.143	384950.327, 4044602.839	78.632
Pente = -0.036 %	2755.729	2755.729				
			7944.916	72.137	386077.816, 4046682.745	71.748
Arc de parabole	87.474	87.474				
Rayon = -20000.0000						
			8032.390	71.914	386160.689, 4046710.740	73.035
Pente = -0.474 %	3591.369	3591.409				
			11623.759	54.896	389115.737, 4048666.611	52.658
Arc de parabole	452.483	452.493				
Rayon = 25000.0000						
S bas = 11742.222						
Z bas = 54.616						
			12076.241	56.847	389402.477, 4049015.933	52.216
Rampe = 1.336 %	455.395	455.435				
			12531.636	62.931	389677.565, 4049378.853	52.804
Arc de parabole	470.594	470.608				
Rayon = -18000.0000						
S haut = 12772.130						

Annexe

Z haut = 64.538						
			13002.230	63.067	389972.376, 4049745.129	47.811
Pente = -1.278 %	1271.114	1271.218				
			14273.344	46.818	390914.361, 4050598.537	45.689
Arc de parabole	191.130	191.136				
Rayon = 18000.0000						
			14464.474	45.390	391056.229, 4050726.616	46.506
Pente = -0.217 %	3527.041	3527.049				
			17991.515	37.754	391749.793, 4053906.892	40.299
Arc de parabole	216.969	216.971				
Rayon = 20000.0000						
S bas = 18034.816						
Z bas = 37.707						

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			18208.485	38.461	391801.461, 4054117.619	36.968
Rampe = 0.868 %	1728.523	1728.588				
			19937.008	53.470	391195.237, 4055583.163	55.020
Arc de parabole	357.400	357.404				
Rayon = -20000.0000						
S haut = 20110.676						
Z haut = 54.224						
			20294.407	53.380	390858.844, 4055702.259	61.005
Pente = -0.919 %	3100.030	3100.161				
			23394.437	24.902	388565.595, 4057522.494	25.664
Arc de parabole	264.403	264.406				
Rayon = 20000.0000						
S bas = 23578.168						
Z bas = 24.058						
			23658.840	24.221	388461.760, 4057765.649	26.459
Rampe = 0.403 %	1178.042	1178.051				
			24836.882	28.972	388457.596, 4058924.572	25.691
Arc de parabole	241.784	241.786				
Rayon = -20000.0000						
S haut = 24917.554						
Z haut = 29.135						
			25078.666	28.486	388594.364, 4059123.047	23.582
Pente = -0.806 %	1252.337	1252.378				
			26331.003	18.398	389248.898, 4060173.033	18.546
Arc de parabole	337.993	337.998				
Rayon = 20000.0000						

Annexe

S bas = 26492.115						
Z bas = 17.749						
			26668.997	18.531	389284.553, 4060508.422	18.120
Rampe = 0.884 %	662.579	662.605				
			27331.575	24.391	389136.252, 4061148.677	17.555
Arc de parabole	323.889	323.896				
Rayon = -15000.0000						
S haut = 27464.236						
Z haut = 24.977						
			27655.465	23.759	388965.517, 4061423.171	16.701
Pente = -1.275 %	493.897	493.937				
			28149.361	17.462	388605.010, 4061758.111	16.619
Arc de parabole	349.141	349.148				
Rayon = 20000.0000						
S bas = 28404.332						
Z bas = 15.837						
			28498.502	16.059	388325.720, 4061967.626	16.545
Rampe = 0.471 %	1269.842	1269.856				
			29768.345	22.038	387810.800, 4063031.398	22.038
Longueur totale	29768.345					

Annexe 03 : Cubatures Déblai Remblai

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	50.000	25.000	0.84	3.65	4.48	112.105	112.105	0.10	0.02	0.12	2.966	2.966
P2	100.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	112.105	10.46	9.87	20.33	1016.465	1019.431
P3	150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	112.105	10.65	10.57	21.22	1061.164	2080.595
P4	200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	112.105	7.81	7.64	15.45	772.421	2853.016
P5	250.000	50.000	1.54	0.00	1.54	76.798	188.902	0.74	2.07	2.81	140.594	2993.610
P6	300.000	50.000	18.38	15.83	34.21	1710.392	1899.295	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P7	350.000	50.000	25.62	26.42	52.03	2601.707	4501.002	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P8	400.000	50.000	31.31	33.34	64.64	3232.186	7733.187	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P9	450.000	50.000	30.16	32.75	62.91	3145.478	10878.665	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P10	500.000	50.000	29.51	32.17	61.67	3083.510	13962.175	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P11	550.000	50.000	31.53	34.22	65.75	3287.407	17249.582	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P12	600.000	50.000	33.76	36.80	70.55	3527.711	20777.293	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P13	650.000	50.000	37.41	40.78	78.19	3909.608	24686.901	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P14	700.000	50.000	36.04	33.50	69.54	3477.015	28163.916	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P15	750.000	50.000	20.50	18.61	39.11	1955.544	30119.460	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P16	800.000	50.000	22.52	19.80	42.32	2115.890	32235.351	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P17	850.000	50.000	48.22	42.56	90.78	4539.232	36774.582	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P18	900.000	50.000	90.87	83.42	174.29	8714.704	45489.286	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P19	950.000	50.000	86.45	85.65	172.10	8605.124	54094.409	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P20	1000.000	50.000	66.50	58.37	124.88	6243.831	60338.240	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P21	1050.000	50.000	78.77	64.19	142.96	7148.044	67486.284	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P22	1100.000	50.000	63.34	52.29	115.62	5781.178	73267.462	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P23	1150.000	50.000	65.44	55.11	120.55	6027.391	79294.854	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P24	1200.000	50.000	78.45	66.59	145.05	7252.278	86547.132	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P25	1250.000	50.000	77.69	66.35	144.04	7202.244	93749.375	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P26	1300.000	50.000	69.25	59.29	128.53	6426.709	100176.085	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P27	1350.000	50.000	67.04	61.92	128.96	6448.141	106624.225	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P28	1400.000	50.000	59.99	57.42	117.41	5870.474	112494.699	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P29	1450.000	50.000	67.68	65.12	132.80	6639.950	119134.649	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P30	1500.000	50.000	88.76	85.82	174.58	8728.901	127863.550	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P31	1550.000	50.000	116.22	113.40	229.62	11481.105	139344.655	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P32	1600.000	50.000	126.95	120.59	247.54	12376.920	151721.576	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P33	1650.000	50.000	102.95	96.49	199.44	9971.946	161693.521	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P34	1700.000	50.000	93.11	84.66	177.77	8888.688	170582.209	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610

Annexe

P35	1750.000	50.000	89.10	76.33	165.44	8271.762	178853.971	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P36	1800.000	50.000	36.55	28.41	64.96	3248.111	182102.082	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P37	1850.000	50.000	28.39	26.11	54.50	2724.988	184827.070	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P38	1900.000	50.000	33.52	35.10	68.63	3431.444	188258.514	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P39	1950.000	50.000	43.09	46.35	89.44	4472.062	192730.575	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P40	2000.000	50.000	39.00	40.02	79.02	3951.118	196681.693	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P41	2050.000	50.000	31.11	31.88	62.99	3149.281	199830.975	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P42	2100.000	50.000	25.19	25.82	51.01	2550.490	202381.465	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P43	2150.000	50.000	20.75	21.06	41.81	2090.498	204471.962	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P44	2200.000	50.000	18.05	17.64	35.69	1784.374	206256.336	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P45	2250.000	50.000	44.15	42.80	86.95	4347.277	210603.613	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P46	2300.000	50.000	70.80	70.53	141.33	7066.523	217670.136	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P47	2350.000	50.000	63.62	63.03	126.66	6332.839	224002.975	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P48	2400.000	50.000	56.45	55.73	112.18	5608.888	229611.863	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P49	2450.000	50.000	44.87	43.78	88.65	4432.553	234044.416	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P50	2500.000	50.000	32.76	31.75	64.51	3225.476	237269.892	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P51	2550.000	50.000	24.91	22.45	47.36	2367.897	239637.789	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P52	2600.000	50.000	23.21	21.78	44.99	2249.583	241887.373	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P53	2650.000	50.000	3.01	6.05	9.07	453.319	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	2993.610
P54	2700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	19.35	20.67	40.02	2001.027	4994.636
P55	2750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	17.21	20.08	37.29	1864.350	6858.986
P56	2800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	17.62	20.55	38.17	1908.620	8767.606
P57	2850.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	31.08	35.35	66.43	3321.480	12089.085
P58	2900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	12089.085
P59	2950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	36.83	46.11	82.93	4146.642	16235.727
P60	3000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	24.39	31.80	56.20	2809.822	19045.549
P61	3050.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	26.18	26.93	53.11	2655.568	21701.118
P62	3100.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	33.79	34.36	68.15	3407.396	25108.513
P63	3150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	42.01	42.22	84.23	4211.446	29319.959
P64	3200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	49.53	49.76	99.28	4964.195	34284.154
P65	3250.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	57.47	57.74	115.21	5760.443	40044.597
P66	3300.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	58.85	59.11	117.96	5897.983	45942.580
P67	3350.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	58.18	58.36	116.55	5827.309	51769.888
P68	3400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	65.60	65.37	130.97	6548.515	58318.403

Annexe

P69	3450.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	75.95	75.64	151.59	7579.404	65897.807
P70	3500.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	85.69	85.36	171.05	8552.401	74450.208
P71	3550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	74450.208
P72	3600.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	74450.208
P73	3650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	74450.208
P74	3700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	74450.208
P75	3750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	74.44	75.79	150.23	7511.717	81961.925
P76	3800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	65.32	65.86	131.18	6558.865	88520.790
P77	3850.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	66.49	67.03	133.52	6675.803	95196.594
P78	3900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	67.66	68.21	135.87	6793.523	101990.117
P79	3950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	68.30	69.09	137.39	6869.362	108859.479
P80	4000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	67.81	68.52	136.33	6816.546	115676.025
P81	4050.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	67.06	67.76	134.82	6740.805	122416.830
P82	4100.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	66.31	67.00	133.31	6665.387	129082.216
P83	4150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	71.93	72.61	144.54	7226.818	136309.034
P84	4200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	81.15	81.68	162.83	8141.494	144450.528
P85	4250.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	144450.528
P86	4300.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	144450.528
P87	4350.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	144450.528
P88	4400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	0.00	0.00	0.00	0.000	144450.528
P89	4450.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	57.64	56.52	114.16	5708.155	150158.683
P90	4500.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	41.90	40.86	82.77	4138.387	154297.070
P91	4550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	41.13	40.20	81.33	4066.657	158363.727
P92	4600.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	40.65	39.83	80.48	4024.132	162387.859
P93	4650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	39.78	39.44	79.23	3961.286	166349.145
P94	4700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	37.05	36.78	73.83	3691.603	170040.748
P95	4750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	34.47	34.26	68.73	3436.487	173477.235
P96	4800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	31.95	31.81	63.76	3187.854	176665.089
P97	4850.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	29.32	29.42	58.74	2937.190	179602.279
P98	4900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	24.59	27.09	51.69	2584.463	182186.742
P99	4950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	242340.691	4.36	7.83	12.19	609.700	182796.442
P100	5000.000	50.000	35.02	26.55	61.57	3078.357	245419.049	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.442
P101	5050.000	50.000	60.86	52.88	113.74	5687.230	251106.278	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.442
P102	5100.000	50.000	77.54	69.99	147.53	7376.473	258482.752	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.442

Annexe

P103	5150.000	50.000	93.01	85.98	178.99	8949.561	267432.3 13	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P104	5200.000	50.000	105.62	98.86	204.48	10223.79 5	277656.1 08	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P105	5250.000	50.000	116.23	109.30	225.54	11276.78 2	288932.8 90	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P106	5300.000	50.000	127.52	120.04	247.56	12378.15 7	301311.0 47	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P107	5350.000	50.000	133.62	115.81	249.43	12471.36 6	313782.4 13	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P108	5400.000	50.000	126.49	110.18	236.67	11833.35 1	325615.7 64	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P109	5450.000	50.000	118.51	104.22	222.73	11136.67 1	336752.4 35	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P110	5500.000	50.000	98.40	78.74	177.13	8856.744	345609.1 78	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P111	5550.000	50.000	78.15	59.09	137.24	6862.051	352471.2 29	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P112	5600.000	50.000	85.09	61.03	146.12	7305.934	359777.1 63	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P113	5650.000	50.000	87.11	63.64	150.75	7537.676	367314.8 39	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P114	5700.000	50.000	93.50	69.82	163.32	8165.973	375480.8 13	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P115	5750.000	50.000	72.61	53.93	126.53	6326.645	381807.4 58	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P116	5800.000	50.000	38.53	27.33	65.87	3293.304	385100.7 62	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P117	5850.000	50.000	23.56	11.30	34.86	1742.827	386843.5 89	0.00	0.00	0.00	0.000	182796.4 42
P118	5900.000	50.000	6.38	0.00	6.38	318.910	387162.4 99	0.70	3.29	3.99	199.497	182995.9 39
P119	5950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387162.4 99	11.28	16.16	27.45	1372.377	184368.3 16
P120	6000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387162.4 99	0.00	0.00	0.00	0.000	184368.3 16
P121	6050.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387162.4 99	20.33	27.24	47.57	2378.738	186747.0 54
P122	6100.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387162.4 99	11.26	16.15	27.41	1370.434	188117.4 88
P123	6150.000	50.000	1.81	0.00	1.81	90.605	387253.1 04	3.36	6.49	9.85	492.358	188609.8 46
P124	6200.000	50.000	1.17	0.00	1.17	58.520	387311.6 24	2.69	4.38	7.08	353.837	188963.6 83
P125	6250.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	10.57	12.39	22.96	1147.927	190111.6 10
P126	6300.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	19.51	21.48	40.98	2049.221	192160.8 31
P127	6350.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	29.00	30.55	59.55	2977.468	195138.2 99
P128	6400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	32.51	34.19	66.71	3335.379	198473.6 78
P129	6450.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	36.14	37.97	74.11	3705.318	202178.9 97
P130	6500.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	39.89	41.86	81.75	4087.333	206266.3 30
P131	6550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	43.61	45.79	89.40	4470.082	210736.4 11
P132	6600.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	46.83	49.32	96.15	4807.495	215543.9 06
P133	6650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	50.12	52.93	103.05	5152.517	220696.4 24
P134	6700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	49.67	49.97	99.64	4981.961	225678.3 84
P135	6750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	31.21	31.59	62.80	3139.768	228818.1 53
P136	6800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	15.58	16.04	31.63	1581.256	230399.4 09

Annexe

P137	6850.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	16.44	16.88	33.32	1665.907	232065.3 16
P138	6900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	25.22	25.59	50.81	2540.556	234605.8 73
P139	6950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	32.43	33.06	65.49	3274.393	237880.2 66
P140	7000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	37.10	37.58	74.68	3733.838	241614.1 04
P141	7050.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	42.22	42.60	84.83	4241.295	245855.3 99
P142	7100.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	47.80	48.17	95.97	4798.486	250653.8 85
P143	7150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	49.74	50.89	100.63	5031.577	255685.4 62
P144	7200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	39.47	43.59	83.06	4153.152	259838.6 13
P145	7250.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	30.37	36.89	67.27	3363.322	263201.9 36
P146	7300.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	29.83	37.99	67.82	3390.861	266592.7 97
P147	7350.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	36.28	45.55	81.83	4091.323	270684.1 19
P148	7400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	0.00	0.00	0.00	0.000	270684.1 19
P149	7450.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	43.47	47.44	90.91	4545.430	275229.5 49
P150	7500.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	32.31	34.89	67.20	3359.963	278589.5 12
P151	7550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	22.10	23.60	45.70	2284.915	280874.4 27
P152	7600.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	17.83	19.80	37.63	1881.435	282755.8 62
P153	7650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	16.50	19.19	35.69	1784.714	284540.5 76
P154	7700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	15.04	18.57	33.61	1680.638	286221.2 14
P155	7750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	13.58	17.87	31.44	1572.039	287793.2 53
P156	7800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	387311.6 24	4.49	7.67	12.16	607.786	288401.0 40
P157	7850.000	50.000	7.60	2.57	10.17	508.543	387820.1 67	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P158	7900.000	50.000	13.34	8.97	22.32	1115.799	388935.9 66	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P159	7950.000	50.000	17.99	14.19	32.18	1608.969	390544.9 35	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P160	8000.000	50.000	25.01	22.39	47.40	2369.980	392914.9 15	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P161	8050.000	50.000	41.47	38.57	80.04	4002.231	396917.1 46	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P162	8100.000	50.000	59.51	55.08	114.59	5729.557	402646.7 03	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P163	8150.000	50.000	48.41	46.99	95.40	4769.947	407416.6 50	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P164	8200.000	50.000	38.99	35.06	74.05	3702.411	411119.0 61	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P165	8250.000	50.000	50.63	45.50	96.12	4806.079	415925.1 40	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P166	8300.000	50.000	73.99	65.63	139.62	6980.864	422906.0 04	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P167	8350.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.0 04	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P168	8400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.0 04	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P169	8450.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.0 04	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P170	8500.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.0 04	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40

Annexe

P171	8550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P172	8600.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P173	8650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P174	8700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P175	8750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P176	8800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P177	8850.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P178	8900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P179	8950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040

P180	9000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P181	9050.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P182	9100.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P183	9150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P184	9200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P185	9250.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P186	9300.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P187	9350.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P188	9400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P189	9450.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P190	9500.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P191	9550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P192	9600.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P193	9650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P194	9700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P195	9750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P196	9800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	422906.004	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P197	9850.000	50.000	65.53	28.62	94.15	4707.683	427613.687	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P198	9900.000	50.000	55.67	18.79	74.46	3722.762	431336.449	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P199	9950.000	50.000	50.12	17.17	67.30	3364.756	434701.205	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P200	10000.000	50.000	52.76	20.17	72.93	3646.344	438347.548	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P201	10050.000	50.000	68.77	31.44	100.21	5010.419	443357.968	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040
P202	10100.000	50.000	85.93	45.99	131.93	6596.301	449954.269	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.040

Annexe

P203	10150.00 0	50.000	71.93	37.31	109.24	5462.074	455416.3 43	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P204	10200.00 0	50.000	48.20	24.18	72.38	3619.143	459035.4 86	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P205	10250.00 0	50.000	25.03	7.90	32.93	1646.265	460681.7 51	0.00	0.00	0.00	0.000	288401.0 40
P206	10300.00 0	50.000	9.88	0.00	9.88	493.952	461175.7 03	0.02	3.01	3.02	151.171	288552.2 10
P207	10350.00 0	50.000	2.15	0.00	2.15	107.612	461283.3 15	3.29	9.51	12.80	639.969	289192.1 79
P208	10400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461283.3 15	8.58	14.35	22.93	1146.630	290338.8 09
P209	10450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461283.3 15	12.92	18.93	31.85	1592.362	291931.1 71
P210	10500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461283.3 15	12.57	18.39	30.96	1548.110	293479.2 81
P211	10550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461283.3 15	8.46	13.95	22.41	1120.385	294599.6 66
P212	10600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461283.3 15	5.98	11.29	17.28	863.911	295463.5 77
P213	10650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461283.3 15	6.62	11.68	18.30	914.971	296378.5 48
P214	10700.00 0	50.000	2.22	0.00	2.22	111.165	461394.4 80	3.48	6.76	10.24	512.050	296890.5 98
P215	10750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	7.30	9.94	17.24	862.247	297752.8 45
P216	10800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	10.97	11.91	22.88	1144.033	298896.8 78
P217	10850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	7.34	8.35	15.69	784.716	299681.5 94
P218	10900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	4.40	6.16	10.56	528.092	300209.6 86
P219	10950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	5.35	7.51	12.86	642.839	300852.5 25
P220	11000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	9.32	11.27	20.59	1029.701	301882.2 26
P221	11050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	7.15	9.10	16.25	812.492	302694.7 17
P222	11100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	461394.4 80	2.80	5.14	7.93	396.739	303091.4 57
P223	11150.00 0	50.000	1.46	0.00	1.46	73.020	461467.5 00	1.23	3.11	4.35	217.270	303308.7 27
P224	11200.00 0	50.000	1.74	0.00	1.74	86.759	461554.2 59	0.50	1.81	2.31	115.670	303424.3 97
P225	11250.00 0	50.000	1.17	0.91	2.08	104.005	461658.2 64	0.61	0.75	1.36	67.991	303492.3 88
P226	11300.00 0	50.000	3.16	2.79	5.95	297.500	461955.7 64	0.00	0.00	0.00	0.000	303492.3 88
P227	11350.00 0	50.000	14.24	12.75	26.99	1349.389	463305.1 53	0.00	0.00	0.00	0.000	303492.3 88
P228	11400.00 0	50.000	33.21	31.89	65.10	3254.909	466560.0 62	0.00	0.00	0.00	0.000	303492.3 88
P229	11450.00 0	50.000	17.37	19.10	36.47	1823.418	468383.4 79	0.00	0.00	0.00	0.000	303492.3 88
P230	11500.00 0	50.000	4.03	0.59	4.62	230.889	468614.3 68	0.07	0.57	0.64	32.026	303524.4 13
P231	11550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	468614.3 68	12.16	14.68	26.84	1342.016	304866.4 29
P232	11600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	468614.3 68	10.87	11.97	22.84	1142.077	306008.5 07
P233	11650.00 0	50.000	2.28	1.10	3.38	169.192	468783.5 60	0.17	0.29	0.46	22.824	306031.3 31
P234	11700.00 0	50.000	12.93	11.78	24.71	1235.717	470019.2 77	0.00	0.00	0.00	0.000	306031.3 31
P235	11750.00 0	50.000	20.73	20.98	41.70	2085.205	472104.4 81	0.00	0.00	0.00	0.000	306031.3 31
P236	11800.00 0	50.000	14.85	14.31	29.17	1458.317	473562.7 98	0.00	0.00	0.00	0.000	306031.3 31

Annexe

P237	11850.00 0	50.000	7.22	7.03	14.25	712.404	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	306031.3 31
P238	11900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	2.02	2.03	4.05	202.672	306234.0 03
P239	11950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	8.84	8.86	17.70	884.896	307118.8 99
P240	12000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	15.98	16.11	32.10	1604.789	308723.6 88
P241	12050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	25.04	25.32	50.36	2517.783	311241.4 71
P242	12100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	36.20	36.70	72.91	3645.364	314886.8 35
P243	12150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	47.92	36.57	84.49	4224.624	319111.4 59
P244	12200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	61.49	45.62	107.11	5355.562	324467.0 21
P245	12250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	76.28	55.14	131.41	6570.700	331037.7 21
P246	12300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	92.21	65.19	157.40	7870.039	338907.7 61
P247	12350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	338907.7 61
P248	12400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	338907.7 61
P249	12450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	338907.7 61
P250	12500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	338907.7 61
P251	12550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	134.48	89.84	224.32	11216.22 9	350123.9 89
P252	12600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	124.80	81.01	205.81	10290.55 5	360414.5 45
P253	12650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	116.71	91.40	208.10	10405.09 0	370819.6 35
P254	12700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	100.51	79.33	179.83	8991.738	379811.3 73
P255	12750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	82.66	65.86	148.52	7425.812	387237.1 85
P256	12800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	63.74	51.41	115.15	5757.377	392994.5 63
P257	12850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	89.65	77.99	167.64	8381.806	401376.3 68
P258	12900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	151.14	133.90	285.04	14251.85 2	415628.2 20
P259	12950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	214.57	195.42	410.00	20499.80 6	436128.0 26
P260	13000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	230.67	229.25	459.93	22996.37 9	459124.4 05
P261	13050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	459124.4 05
P262	13100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	459124.4 05
P263	13150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	459124.4 05
P264	13200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	459124.4 05
P265	13250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	459124.4 05
P266	13300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	0.00	0.00	0.00	0.000	459124.4 05
P267	13350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	186.65	186.45	373.10	18654.84 6	477779.2 51
P268	13400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	158.75	158.22	316.97	15848.42 9	493627.6 80
P269	13450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	129.23	128.51	257.74	12886.89 2	506514.5 71
P270	13500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	102.30	101.46	203.76	10188.02 9	516702.6 00

Annexe

P271	13550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	78.02	77.14	155.16	7758.125	524460.7 26
P272	13600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	56.39	55.55	111.94	5597.181	530057.9 06
P273	13650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	37.42	36.68	74.10	3705.195	533763.1 02
P274	13700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	31.26	31.07	62.33	3116.413	536879.5 15
P275	13750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	30.62	30.43	61.05	3052.605	539932.1 20
P276	13800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	29.98	29.80	59.78	2989.188	542921.3 07
P277	13850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	29.35	29.17	58.52	2926.160	545847.4 67
P278	13900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	28.73	28.54	57.27	2863.521	548710.9 88
P279	13950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	28.10	27.92	56.03	2801.273	551512.2 61
P280	14000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	27.22	27.31	54.52	2726.123	554238.3 84
P281	14050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	19.90	21.34	41.25	2062.258	556300.6 42
P282	14100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	13.79	15.02	28.81	1440.420	557741.0 62
P283	14150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	8.17	9.20	17.37	868.447	558609.5 09
P284	14200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	474275.2 03	3.04	3.89	6.93	346.339	558955.8 48
P285	14250.00 0	50.000	3.71	2.20	5.91	295.670	474570.8 73	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P286	14300.00 0	50.000	10.31	8.67	18.98	948.840	475519.7 12	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P287	14350.00 0	50.000	15.65	13.91	29.56	1477.963	476997.6 75	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P288	14400.00 0	50.000	37.73	25.08	62.80	3140.176	480137.8 52	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P289	14450.00 0	50.000	40.22	27.24	67.46	3372.944	483510.7 96	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P290	14500.00 0	50.000	41.21	28.12	69.33	3466.530	486977.3 26	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P291	14550.00 0	50.000	42.13	28.93	71.06	3552.770	490530.0 96	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P292	14600.00 0	50.000	38.62	25.52	64.14	3206.839	493736.9 35	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P293	14650.00 0	50.000	28.52	16.54	45.05	2252.629	495989.5 64	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P294	14700.00 0	50.000	18.86	7.96	26.83	1341.327	497330.8 90	0.00	0.00	0.00	0.000	558955.8 48
P295	14750.00 0	50.000	9.67	0.26	9.93	496.326	497827.2 17	0.00	0.36	0.36	17.866	558973.7 14
P296	14800.00 0	50.000	2.51	0.00	2.51	125.360	497952.5 77	1.58	6.73	8.30	415.220	559388.9 34
P297	14850.00 0	50.000	2.19	0.00	2.19	109.282	498061.8 58	1.91	7.40	9.31	465.591	559854.5 25
P298	14900.00 0	50.000	5.08	0.00	5.08	253.753	498315.6 12	0.35	3.81	4.16	207.811	560062.3 36
P299	14950.00 0	50.000	9.31	0.13	9.44	471.879	498787.4 91	0.00	0.59	0.59	29.569	560091.9 05
P300	15000.00 0	50.000	12.44	3.35	15.79	789.374	499576.8 64	0.00	0.01	0.01	0.730	560092.6 35
P301	15050.00 0	50.000	10.59	2.19	12.78	639.123	500215.9 87	0.00	0.00	0.00	0.000	560092.6 35
P302	15100.00 0	50.000	8.77	1.54	10.31	515.402	500731.3 90	0.00	0.00	0.00	0.000	560092.6 35
P303	15150.00 0	50.000	7.27	1.67	8.94	447.051	501178.4 41	0.00	0.07	0.08	3.849	560096.4 84
P304	15200.00 0	50.000	8.49	5.33	13.81	690.638	501869.0 79	0.00	0.00	0.00	0.000	560096.4 84

Annexe

P305	15250.00 0	50.000	12.33	10.73	23.06	1152.839	503021.9 18	0.00	0.00	0.00	0.000	560096.4 84
P306	15300.00 0	50.000	8.67	7.44	16.11	805.496	503827.4 15	0.00	0.00	0.00	0.000	560096.4 84
P307	15350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	503827.4 15	1.80	2.53	4.34	216.754	560313.2 38
P308	15400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	503827.4 15	6.40	6.91	13.31	665.252	560978.4 90
P309	15450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	503827.4 15	2.95	3.82	6.76	338.231	561316.7 20
P310	15500.00 0	50.000	2.54	1.18	3.71	185.660	504013.0 75	0.11	0.20	0.31	15.363	561332.0 83
P311	15550.00 0	50.000	7.93	6.47	14.40	720.201	504733.2 76	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P312	15600.00 0	50.000	14.15	12.68	26.83	1341.664	506074.9 40	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P313	15650.00 0	50.000	11.83	8.67	20.50	1024.949	507099.8 89	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P314	15700.00 0	50.000	7.96	4.76	12.72	635.980	507735.8 69	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P315	15750.00 0	50.000	7.19	4.95	12.14	606.977	508342.8 47	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P316	15800.00 0	50.000	12.05	9.54	21.58	1079.121	509421.9 67	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P317	15850.00 0	50.000	15.71	13.34	29.05	1452.402	510874.3 69	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P318	15900.00 0	50.000	7.42	5.75	13.17	658.635	511533.0 04	0.00	0.00	0.00	0.000	561332.0 83
P319	15950.00 0	50.000	1.08	0.00	1.08	54.032	511587.0 36	1.49	1.88	3.37	168.628	561500.7 12
P320	16000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	5.34	5.82	11.16	558.060	562058.7 72
P321	16050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	7.72	8.18	15.90	794.836	562853.6 08
P322	16100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	10.19	10.63	20.83	1041.271	563894.8 79
P323	16150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	12.76	13.19	25.95	1297.366	565192.2 45
P324	16200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	14.94	14.72	29.66	1482.917	566675.1 62
P325	16250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	16.88	16.74	33.62	1681.061	568356.2 23
P326	16300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	18.86	18.82	37.67	1883.743	570239.9 66
P327	16350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	20.87	20.95	41.82	2090.964	572330.9 31

P328	16400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	22.92	23.14	46.05	2302.724	574633.6 55
P329	16450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	18.45	20.59	39.04	1952.145	576585.8 00
P330	16500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	511587.0 36	8.65	10.47	19.12	955.868	577541.6 68
P331	16550.00 0	50.000	2.70	0.00	2.70	135.170	511722.2 06	0.81	1.74	2.55	127.442	577669.1 10
P332	16600.00 0	50.000	12.84	9.62	22.46	1122.796	512845.0 02	0.00	0.00	0.00	0.000	577669.1 10
P333	16650.00 0	50.000	5.37	5.89	11.25	562.728	513407.7 30	0.00	0.00	0.00	0.000	577669.1 10
P334	16700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	513407.7 30	2.79	2.62	5.41	270.626	577939.7 36
P335	16750.00 0	50.000	1.32	0.00	1.32	65.872	513473.6 02	3.27	5.53	8.79	439.651	578379.3 87
P336	16800.00 0	50.000	1.19	0.00	1.19	59.266	513532.8 68	3.58	6.99	10.58	528.758	578908.1 45
P337	16850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	513532.8 68	7.15	12.50	19.65	982.452	579890.5 97

Annexe

P338	16900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	513532.8 68	10.39	19.08	29.48	1473.982	581364.5 79
P339	16950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	513532.8 68	9.49	17.67	27.16	1358.208	582722.7 87
P340	17000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	513532.8 68	6.00	14.17	20.17	1008.597	583731.3 84
P341	17050.00 0	50.000	4.43	0.00	4.43	221.620	513754.4 88	1.06	7.02	8.08	403.851	584135.2 35
P342	17100.00 0	50.000	11.19	0.00	11.19	559.440	514313.9 29	0.04	4.37	4.40	220.085	584355.3 20
P343	17150.00 0	50.000	5.55	0.00	5.55	277.302	514591.2 31	1.32	8.53	9.85	492.254	584847.5 74
P344	17200.00 0	50.000	1.50	0.00	1.50	74.864	514666.0 95	5.42	12.06	17.48	873.764	585721.3 38
P345	17250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	514666.0 95	11.43	14.63	26.06	1302.795	587024.1 33
P346	17300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	514666.0 95	16.31	17.22	33.53	1676.587	588700.7 20
P347	17350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	514666.0 95	14.76	15.66	30.43	1521.423	590222.1 43
P348	17400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	514666.0 95	7.35	9.06	16.41	820.331	591042.4 74
P349	17450.00 0	50.000	5.03	0.00	5.03	251.633	514917.7 28	1.46	3.11	4.57	228.261	591270.7 35
P350	17500.00 0	50.000	4.50	1.94	6.43	321.561	515239.2 90	0.00	0.00	0.00	0.110	591270.8 45
P351	17550.00 0	50.000	8.31	4.92	13.22	661.189	515900.4 79	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P352	17600.00 0	50.000	10.86	7.29	18.15	907.368	516807.8 47	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P353	17650.00 0	50.000	11.39	7.83	19.22	961.075	517768.9 21	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P354	17700.00 0	50.000	18.45	8.54	26.99	1349.703	519118.6 24	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P355	17750.00 0	50.000	33.06	25.08	58.13	2906.668	522025.2 92	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P356	17800.00 0	50.000	38.32	33.41	71.73	3586.671	525611.9 64	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P357	17850.00 0	50.000	52.09	36.68	88.77	4438.302	530050.2 66	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P358	17900.00 0	50.000	64.97	48.87	113.85	5692.354	535742.6 20	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P359	17950.00 0	50.000	70.15	52.85	123.00	6149.924	541892.5 43	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P360	18000.00 0	50.000	65.73	47.78	113.51	5675.392	547567.9 35	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P361	18050.00 0	50.000	47.10	33.62	80.71	4035.750	551603.6 85	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P362	18100.00 0	50.000	21.80	13.43	35.23	1761.702	553365.3 87	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P363	18150.00 0	50.000	6.25	2.96	9.21	460.382	553825.7 69	0.00	0.00	0.00	0.000	591270.8 45
P364	18200.00 0	50.000	5.70	1.39	7.08	354.180	554179.9 49	0.02	0.04	0.06	2.969	591273.8 14
P365	18250.00 0	50.000	12.32	0.62	12.94	647.223	554827.1 72	0.00	0.00	0.00	0.000	591273.8 14
P366	18300.00 0	50.000	35.13	11.20	46.33	2316.281	557143.4 54	0.00	0.00	0.00	0.000	591273.8 14
P367	18350.00 0	50.000	113.51	71.50	185.01	9250.667	566394.1 21	0.00	0.00	0.00	0.000	591273.8 14
P368	18400.00 0	50.000	127.87	94.61	222.48	11124.15 7	577518.2 78	0.00	0.00	0.00	0.000	591273.8 14
P369	18450.00 0	50.000	90.80	69.40	160.19	8009.742	585528.0 20	0.00	0.00	0.00	0.000	591273.8 14
P370	18500.00 0	50.000	39.30	23.02	62.33	3116.334	588644.3 54	0.00	0.00	0.00	0.000	591273.8 14
P371	18550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	16.29	19.08	35.37	1768.337	593042.1 51

Annexe

P372	18600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	27.27	27.61	54.88	2744.229	595786.3 80
P373	18650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	32.39	33.70	66.10	3304.788	599091.1 67
P374	18700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	31.14	32.35	63.48	3174.047	602265.2 15
P375	18750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	27.43	28.24	55.66	2783.222	605048.4 37
P376	18800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	22.51	23.15	45.67	2283.409	607331.8 47
P377	18850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	588644.3 54	18.58	21.76	40.34	2016.789	609348.6 36
P378	18900.00 0	50.000	1.70	0.00	1.70	85.241	588729.5 96	2.11	4.35	6.46	322.752	609671.3 87
P379	18950.00 0	50.000	24.12	14.73	38.85	1942.271	590671.8 66	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P380	19000.00 0	50.000	40.32	29.74	70.06	3502.802	594174.6 68	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P381	19050.00 0	50.000	27.68	18.46	46.14	2307.022	596481.6 90	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P382	19100.00 0	50.000	15.42	10.31	25.74	1286.777	597768.4 67	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P383	19150.00 0	50.000	16.82	11.86	28.69	1434.312	599202.7 79	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P384	19200.00 0	50.000	19.21	14.26	33.47	1673.567	600876.3 46	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P385	19250.00 0	50.000	32.83	27.96	60.80	3039.825	603916.1 71	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P386	19300.00 0	50.000	51.70	46.35	98.06	4902.913	608819.0 84	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P387	19350.00 0	50.000	72.31	64.69	137.00	6850.031	615669.1 14	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P388	19400.00 0	50.000	104.71	94.09	198.80	9940.040	625609.1 54	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P389	19450.00 0	50.000	141.90	129.68	271.57	13578.68 1	639187.8 36	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P390	19500.00 0	50.000	159.76	148.61	308.37	15418.55 0	654606.3 86	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P391	19550.00 0	50.000	156.84	144.13	300.97	15048.61 4	669654.9 99	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P392	19600.00 0	50.000	168.85	154.54	323.39	16169.41 0	685824.4 10	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P393	19650.00 0	50.000	161.32	146.85	308.17	15408.44 3	701232.8 53	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P394	19700.00 0	50.000	150.40	125.63	276.02	13801.16 5	715034.0 18	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P395	19750.00 0	50.000	127.24	98.16	225.40	11269.78 5	726303.8 03	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P396	19800.00 0	50.000	104.13	78.39	182.52	9126.010	735429.8 13	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P397	19850.00 0	50.000	84.21	61.23	145.45	7272.253	742702.0 66	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P398	19900.00 0	50.000	50.60	31.36	81.96	4098.090	746800.1 56	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P399	19950.00 0	50.000	49.81	30.74	80.55	4027.353	750827.5 09	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P400	20000.00 0	50.000	34.72	18.84	53.56	2678.083	753505.5 92	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P401	20050.00 0	50.000	23.23	9.65	32.89	1644.427	755150.0 19	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P402	20100.00 0	50.000	33.45	18.94	52.39	2619.687	757769.7 05	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P403	20150.00 0	50.000	45.49	29.61	75.10	3755.016	761524.7 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P404	20200.00 0	50.000	59.16	42.48	101.64	5081.813	766606.5 34	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P405	20250.00 0	50.000	97.68	79.32	177.01	8850.287	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87

Annexe

P440	22000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P441	22050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P442	22100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P443	22150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P444	22200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P445	22250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P446	22300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P447	22350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P448	22400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P449	22450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	775456.8 21	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P450	22500.00 0	50.000	61.06	42.59	103.65	5182.547	780639.3 68	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P451	22550.00 0	50.000	28.16	25.30	53.46	2672.812	783312.1 81	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P452	22600.00 0	50.000	15.99	14.13	30.11	1505.742	784817.9 22	0.00	0.00	0.00	0.000	609671.3 87
P453	22650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	5.85	4.91	10.76	538.223	610209.6 10
P454	22700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	19.48	20.06	39.54	1976.855	612186.4 65
P455	22750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	18.36	20.83	39.19	1959.670	614146.1 35
P456	22800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	5.44	6.31	11.74	587.201	614733.3 36
P457	22850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	9.97	10.50	20.46	1023.200	615756.5 36
P458	22900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	16.43	16.76	33.20	1659.781	617416.3 17
P459	22950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	22.53	23.90	46.44	2321.764	619738.0 81
P460	23000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	784817.9 22	8.92	11.19	20.11	1005.541	620743.6 22
P461	23050.00 0	50.000	3.29	0.00	3.29	164.719	784982.6 42	1.49	4.15	5.64	281.769	621025.3 91
P462	23100.00 0	50.000	9.31	1.31	10.62	530.808	785513.4 50	0.00	0.11	0.11	5.504	621030.8 95
P463	23150.00 0	50.000	19.05	10.03	29.08	1454.002	786967.4 53	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P464	23200.00 0	50.000	31.71	20.82	52.52	2626.112	789593.5 65	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P465	23250.00 0	50.000	50.86	38.31	89.17	4458.704	794052.2 69	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P466	23300.00 0	50.000	60.41	49.99	110.40	5519.834	799572.1 03	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P467	23350.00 0	50.000	44.27	35.29	79.55	3977.720	803549.8 24	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P468	23400.00 0	50.000	34.13	28.74	62.88	3143.777	806693.6 01	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P469	23450.00 0	50.000	40.37	34.37	74.74	3737.118	810430.7 18	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P470	23500.00 0	50.000	45.03	38.80	83.83	4191.591	814622.3 09	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P471	23550.00 0	50.000	56.36	50.07	106.43	5321.530	819943.8 39	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P472	23600.00 0	50.000	60.54	54.21	114.75	5737.732	825681.5 71	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P473	23650.00 0	50.000	54.95	49.54	104.49	5224.424	830905.9 95	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95

Annexe

P474	23700.00 0	50.000	45.67	42.42	88.09	4404.637	835310.6 32	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P475	23750.00 0	50.000	38.31	37.06	75.37	3768.380	839079.0 12	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P476	23800.00 0	50.000	33.99	33.29	67.27	3363.671	842442.6 83	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P477	23850.00 0	50.000	15.89	17.00	32.88	1644.137	844086.8 20	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P478	23900.00 0	50.000	18.19	16.76	34.95	1747.500	845834.3 20	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P479	23950.00 0	50.000	15.70	14.00	29.70	1485.232	847319.5 51	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P480	24000.00 0	50.000	15.26	13.43	28.69	1434.636	848754.1 88	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P481	24050.00 0	50.000	11.37	9.71	21.08	1053.834	849808.0 22	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P482	24100.00 0	50.000	5.55	4.15	9.70	485.155	850293.1 77	0.00	0.00	0.00	0.000	621030.8 95
P483	24150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.1 77	3.50	4.27	7.77	388.382	621419.2 77
P484	24200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.1 77	6.66	7.62	14.28	713.951	622133.2 28
P485	24250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.1 77	7.93	8.93	16.86	843.102	622976.3 30
P486	24300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.1 77	9.23	10.27	19.50	974.772	623951.1 03
P487	24350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.1 77	10.55	11.63	22.18	1109.033	625060.1 36
P488	24400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.1 77	4.92	6.28	11.20	559.753	625619.8 89
P489	24450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.214	850293.3 91	1.63	2.71	4.34	217.204	625837.0 93
P490	24500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	10.84	12.26	23.10	1155.071	626992.1 64
P491	24550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	21.88	23.58	45.46	2272.973	629265.1 38
P492	24600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	20.31	22.58	42.89	2144.468	631409.6 06
P493	24650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	20.34	21.20	41.54	2077.062	633486.6 67
P494	24700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	19.35	17.30	36.64	1832.188	635318.8 56
P495	24750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	14.31	12.69	27.00	1350.017	636668.8 73
P496	24800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	12.87	12.20	25.07	1253.744	637922.6 17
P497	24850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	16.99	16.30	33.29	1664.614	639587.2 31
P498	24900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	20.19	20.10	40.29	2014.258	641601.4 89
P499	24950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	24.37	23.70	48.07	2403.434	644004.9 23
P500	25000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	26.82	26.36	53.18	2658.953	646663.8 75
P501	25050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	27.14	28.85	55.99	2799.728	649463.6 03
P502	25100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	38.31	40.90	79.21	3960.571	653424.1 74
P503	25150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	51.15	53.74	104.89	5244.469	658668.6 43
P504	25200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	49.49	49.52	99.00	4950.114	663618.7 57
P505	25250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	44.86	44.91	89.77	4488.696	668107.4 52
P506	25300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	40.39	40.47	80.85	4042.696	672150.1 49
P507	25350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	36.07	36.17	72.24	3612.115	675762.2 64

Annexe

P508	25400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	34.23	34.20	68.43	3421.451	679183.7 15
P509	25450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	32.92	32.91	65.83	3291.585	682475.3 00
P510	25500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	31.63	31.63	63.26	3162.840	685638.1 40
P511	25550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	30.33	30.32	60.65	3032.603	688670.7 44
P512	25600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	27.81	27.61	55.41	2770.647	691441.3 90

P513	25650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	0.00	0.00	0.00	0.000	691441.3 90
P514	25700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	22.58	22.40	44.98	2248.934	693690.3 24
P515	25750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	14.10	13.55	27.65	1382.630	695072.9 55
P516	25800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	850293.3 91	3.88	3.46	7.35	367.430	695440.3 85
P517	25850.00 0	50.000	7.92	8.77	16.69	834.431	851127.8 22	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P518	25900.00 0	50.000	14.24	15.81	30.06	1502.969	852630.7 91	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P519	25950.00 0	50.000	8.17	9.54	17.72	885.768	853516.5 60	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P520	26000.00 0	50.000	8.22	8.91	17.13	856.673	854373.2 33	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P521	26050.00 0	50.000	11.22	11.85	23.08	1153.838	855527.0 71	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P522	26100.00 0	50.000	11.68	11.51	23.19	1159.304	856686.3 75	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P523	26150.00 0	50.000	10.46	10.66	21.13	1056.283	857742.6 58	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P524	26200.00 0	50.000	16.91	17.65	34.57	1728.271	859470.9 29	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P525	26250.00 0	50.000	22.67	23.12	45.79	2289.686	861760.6 16	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P526	26300.00 0	50.000	21.73	22.09	43.82	2191.006	863951.6 21	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P527	26350.00 0	50.000	20.63	20.68	41.32	2065.855	866017.4 76	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P528	26400.00 0	50.000	18.54	18.78	37.32	1866.127	867883.6 03	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P529	26450.00 0	50.000	15.04	15.23	30.26	1513.216	869396.8 19	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P530	26500.00 0	50.000	11.09	10.53	21.62	1080.946	870477.7 65	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P531	26550.00 0	50.000	23.46	22.96	46.42	2321.083	872798.8 48	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P532	26600.00 0	50.000	26.81	25.78	52.59	2629.422	875428.2 71	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P533	26650.00 0	50.000	18.01	17.02	35.03	1751.683	877179.9 54	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P534	26700.00 0	50.000	10.16	9.36	19.52	976.085	878156.0 39	0.00	0.00	0.00	0.000	695440.3 85
P535	26750.00 0	50.000	2.93	2.19	5.13	256.432	878412.4 71	0.01	0.01	0.02	0.909	695441.2 94
P536	26800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	4.51	4.23	8.74	436.884	695878.1 78
P537	26850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	11.66	11.36	23.02	1151.008	697029.1 86
P538	26900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	15.55	16.04	31.59	1579.703	698608.8 89
P539	26950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	17.40	17.87	35.28	1763.853	700372.7 42
P540	27000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	19.16	19.69	38.86	1942.842	702315.5 85

Annexe

P541	27050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	18.29	18.78	37.07	1853.604	704169.1 89
P542	27100.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	17.24	17.83	35.07	1753.643	705922.8 31
P543	27150.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	28.07	29.56	57.63	2881.443	708804.2 74
P544	27200.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	42.65	42.27	84.92	4246.019	713050.2 93
P545	27250.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	0.00	0.00	0.00	0.000	713050.2 93
P546	27300.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	0.00	0.00	0.00	0.000	713050.2 93
P547	27350.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	0.00	0.00	0.00	0.000	713050.2 93
P548	27400.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	61.63	61.56	123.19	6159.430	719209.7 23
P549	27450.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	68.44	68.45	136.89	6844.468	726054.1 92
P550	27500.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	67.65	66.43	134.08	6703.860	732758.0 52
P551	27550.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	56.97	55.80	112.76	5638.208	738396.2 60
P552	27600.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	50.53	50.86	101.39	5069.259	743465.5 20
P553	27650.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	63.34	63.22	126.57	6328.386	749793.9 05
P554	27700.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	68.20	68.69	136.89	6844.666	756638.5 71
P555	27750.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	55.23	55.62	110.85	5542.643	762181.2 15
P556	27800.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	43.23	43.54	86.77	4338.475	766519.6 90
P557	27850.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	32.24	32.47	64.72	3235.817	769755.5 06
P558	27900.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	22.27	22.44	44.71	2235.517	771991.0 23
P559	27950.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	13.30	13.42	26.72	1336.018	773327.0 40
P560	28000.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	7.45	7.34	14.79	739.665	774066.7 06
P561	28050.00 0	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	878412.4 71	2.77	2.69	5.46	272.917	774339.6 22
P562	28100.00 0	50.000	3.25	3.40	6.65	332.463	878744.9 34	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P563	28150.00 0	50.000	9.37	9.54	18.91	945.616	879690.5 50	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P564	28200.00 0	50.000	14.92	15.10	30.02	1501.047	881191.5 97	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P565	28250.00 0	50.000	19.10	19.29	38.39	1919.288	883110.8 85	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P566	28300.00 0	50.000	21.81	22.00	43.81	2190.410	885301.2 94	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P567	28350.00 0	50.000	22.98	23.18	46.16	2308.088	887609.3 82	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P568	28400.00 0	50.000	25.46	25.29	50.75	2537.279	890146.6 61	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P569	28450.00 0	50.000	26.31	26.15	52.46	2622.928	892769.5 89	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P570	28500.00 0	50.000	25.58	25.42	51.00	2550.076	895319.6 65	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P571	28550.00 0	50.000	24.11	23.97	48.08	2404.239	897723.9 05	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P572	28600.00 0	50.000	22.66	22.56	45.21	2260.579	899984.4 84	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P573	28650.00 0	50.000	23.49	23.05	46.54	2326.905	902311.3 89	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P574	28700.00 0	50.000	24.54	24.05	48.59	2429.378	904740.7 66	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22

Annexe

P575	28750.00 0	50.000	25.60	25.04	50.64	2531.757	907272.5 23	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P576	28800.00 0	50.000	26.65	25.99	52.64	2632.165	909904.6 88	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P577	28850.00 0	50.000	33.91	34.48	68.39	3419.571	913324.2 59	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P578	28900.00 0	50.000	68.93	68.45	137.38	6868.767	920193.0 26	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P579	28950.00 0	50.000	87.58	84.08	171.66	8582.814	928775.8 40	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P580	29000.00 0	50.000	85.72	82.18	167.90	8394.783	937170.6 22	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P581	29050.00 0	50.000	73.71	70.00	143.72	7185.884	944356.5 06	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P582	29100.00 0	50.000	67.86	68.58	136.44	6822.150	951178.6 56	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P583	29150.00 0	50.000	61.50	62.26	123.76	6187.925	957366.5 81	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P584	29200.00 0	50.000	63.34	62.36	125.70	6284.908	963651.4 89	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P585	29250.00 0	50.000	65.67	64.93	130.60	6530.198	970181.6 87	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P586	29300.00 0	50.000	62.02	62.07	124.09	6204.462	976386.1 49	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P587	29350.00 0	50.000	58.34	58.67	117.00	5850.231	982236.3 80	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P588	29400.00 0	50.000	50.58	51.49	102.07	5103.617	987339.9 97	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P589	29450.00 0	50.000	42.49	43.29	85.78	4289.126	991629.1 23	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P590	29500.00 0	50.000	35.11	35.58	70.69	3534.438	995163.5 61	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P591	29550.00 0	50.000	32.60	33.03	65.63	3281.488	998445.0 49	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P592	29600.00 0	50.000	30.11	30.51	60.62	3031.163	1001476. 212	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P593	29650.00 0	50.000	30.74	30.38	61.12	3055.759	1004531. 971	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P594	29700.00 0	50.000	33.72	33.32	67.04	3352.130	1007884. 101	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22
P595	29750.00 0	25.000	26.40	27.25	53.64	1341.098	1009225. 199	0.00	0.00	0.00	0.000	774339.6 22