République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسيس جانسون
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD du dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière section 3 : COUNTOURNEMEMT DE TENOUKLA, du PK 23 + 00 au PK 43 + 00 incluant la gare de TENOUKLA

Présenté par :

MENTSEUR Abderrahmane

BOUZIDI Aymen

Encadré par :

Mr. AIT KHELFA Mohand

Mr. HAMADI Kamel

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba

REMERCIEMENT

Nous tenons d'abord à remercier dieu, de nous avoir donner la force et nous a guider au bon chemin pour arriver à ce moment particulier.

En premier lieu, nous aimerions remercier toute l'équipe de l'ENSTP commençant par la directrice Mme **MEKIDECHE** sans qui nous n'aurions pas fait autant et le directeur des études Mr. **F. FEDGHOUCHE** et le chef de département DIB Mr. **M. MAHIAOUI,** ainsi que l'administration du département Infrastructure de base : Mme. **I. MAKOUDI**, Mme. **M. BOUREBIA** et Mme. **N. BOUMEHREZ**, pour leur travail spectaculaire et leurs précieux conseils afin de nous diriger pour accomplir ce travail.

Ainsi, nous remercions notre encadrant Mr. **AIT KHELFA MOHANED** pour son aide et suivi sur chaque détail.

Sans oubliant, l'équipe de **COSIDER** et la **SNTF** qui ont fourni des efforts et ont sacrifié de leur temps dans le but de partager leur expérience professionnelle. Nous tenons également à remercier les honorables membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordés en acceptant d'évaluer notre travail.

Finalement, nous gratifions la contribution de chaque personne dans ce modeste travail de loin ou de près, en particulier nos parents, familles et amis.

DEDICACE

Ce travail est dédié de tout mon cœur à toutes les personnes qui me sont chères. Je tiens à remercier chaleureusement mes deux chers parents. **NOUREDIN** et **BELKEZAI ZELIKHA**, pour avoir été présents en permanence à mes côtés. Leur soutien infaillible, leurs prières et leurs encouragements ont été cruciaux pour ma réussite. Grâce à leur amour et à leur attention, j'ai pu être heureux et renforcer ma confiance en moi, ce qui m'a permis d'atteindre mes objectifs.

Mes frères et sœur très chers à mon cœur, **MOUMEN, IMAD, MIAISSOUN.**

A toute ma famille sans exception

A mes coussins, **YOUNES, YOUCEF, SOUHAIB.**

A mon frère et ami **BOUZIDI AYMEN**

À mes meilleurs amis :

HADJEB OTHMAN, BENNADJI SALEH, OMAR KADRI,

HEMKA HASSANE ELBASRI, KAIS BOUSTILA, MENTSEUR YOUFEF

ZAAF SALAH EDDINE, OUSSAMA BENDERIHEM, AKRAM BELHAMRA,

ABDELATIF, YACINE, ACHRAF, HOUSSEM, MOHAMED, AMINE

A mes amis sans exception.

Je tiens à exprimer ma gratitude à **HAMIDI KAMEL, AIT KHELFA MOHANED, OUSSAMA BENDERIHEM, AKRAM BELHAMRA** pour leur précieuse aide dans la réalisation de ce travail.

MENTSEUR ABDERRAHMANE

DEDICACE

Ce travail est dédié de tout mon cœur à toutes les personnes qui me sont chères. Je tiens à remercier chaleureusement mes deux chers parents. **LAID** et **BAALI MERZAKA**, pour avoir été présents en permanence à mes côtés. Leur soutien infaillible, leurs prières et leurs encouragements ont été cruciaux pour ma réussite. Grâce à leur amour et à leur attention, j'ai pu être heureux et renforcer ma confiance en moi, ce qui m'a permis d'atteindre mes objectifs.

Mes frères et sœur très chers à mon cœur, **HAITHEM, DJAOUED, BELKESS, ARIDJ.**

A toute ma famille sans exception

A mes coussins, **WASSIM, ABDELFATAH, FARIS.**

A mon frère et ami **MENTSEUR ABDERRAHMANE**

À mes meilleurs amis :

HADJEB OTHMAN, BENNADJI SALEH, OUSSAMA RJEM, AYMEN ADJLAN,

HEMKA HASSANE ELBASRI

ZAAF SALAH EDDINE, OUSSAMA BENDERIHEM, AKRAM BELHAMRA,

ABDELATIF, YACINE, ACHRAF, HOUSSEM, MOHAMED, AMINE

A mes amis sans exception.

Je tiens à exprimer ma gratitude à **HAMIDI KAMEL, AIT KHELFA MOHANED, OUSSAMA BENDERIHEM, AKRAM BELHAMRA** pour leur précieuse aide dans la réalisation de ce travail.

BOUZIDI AYMEN

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERAL

INTRODUCTION GENERALE **1**

CHAPITRE I RECHERCHE BIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION **4**
I.2 LES LOGICIEL BIM DE LA COLLABORATION **4**
I.2.1 Civil 3D ***4***
I.2.2 Infraworks ***4***
I.2.3 Revit ***4***
I.3 LES ETAPES DE LA COLLABORATION **4**

CHAPITRE II PRESENTATION DE PROJET

II.1 INTRODUCTION **9**
II.2 LA PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE **10**
II.2.1 Situation géographique ***10***
II.2.2 Le relief ***10***
II.2.3 Climat ***11***
II.2.4 Sismicité de la zone ***11***
II.3 PRESENTATION DE PROJET **11**
II.3.1 Contraintes du tracé ***11***
II.3.2 Caractéristiques techniques de projet ***12***
II.4 CONCLUSION **13**

CHAPITRE III STRUCTURE DE RAILS

III.1 INTRODUCTION **14**
III.2 LES ELEMENTS DE LA VOIE **14**
III.2.1 Le rail ***14***
III.2.1.1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 ..... **16**
III.2.1.2 Assemblage des rails **17**
III.2.2 Les traverses ***17***
III.2.2.1 Les traverses en béton **17**
III.2.2.2 Les traverses en bois **18**
III.2.2.3 Rôle des traverses **18**
III.2.3 Les attaches travers-rail ***18***
III.2.4 L'appareil de voie ***19***
III.3 CONCLUSION **20**

CHAPITRE IV TRACE EN PLAN

IV.1 INTRODUCTION **21**
IV.2 LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN **21**

IV.2.1 L'alignement *21*
IV.2.2 Arc de cercle *21*
IV.2.2.1 Dévers théorique 21
IV.2.2.2 Dévers pratique 22
IV.2.2.3 Insuffisance de divers 22
IV.2.2.4 Excès de dévers 23
IV.2.2.5 Rayon minimum de l'arc de cercle 23
IV.2.3 Courbe de raccordement *24*
IV.2.3.1 Variation de dévers dans le raccordement 25
IV.2.3.2 Variation de l'insuffisance de divers dans le raccordement 26
IV.2.4 Les doucines *26*
IV.2.5 Longueur minimale des éléments de tracé *27*
IV.3 APPLICATION AU PROJET 27

CHAPITRE V PROFIL EN LONG

V.1 INTRODUCTION 30
V.2 DEFINITION 30
V.3 ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG 30
V.3.1 Choix des alignements droits *30*
V.3.2 Choix des cercles *31*
V.4 APPLICATION AU PROJET 32
V.5 CONCLUSION 32

CHAPITRE VI ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1 INTRODUCTION 33
VI.2 ETUDE HYDROLOGIQUES 33
VI.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants *34*
VI.2.2 Temps de concentration T_c *34*
VI.2.2.1 Formule de VENTURA 34
VI.2.2.2 Formule de PASSINI 34
VI.2.2.3 Formule de GIANDOTTI 35
VI.2.3 Caractéristiques climatiques et pluviométriques *36*
VI.2.3.1 Température 36
VI.2.3.2 Zones bioclimatiques 36
VI.2.3.3 Les précipitations 37
VI.3 ETUDE HYDRAULIQUE 38
VI.3.1 Calcul de l'intensité de l'averse *38*
VI.3.2 Calcul des débits de crue *38*
VI.3.3 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques transversales *41*
VI.3.4 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques longitudinale *42*
VI.3.5 Application au projet *43*
VI.4 CONCLUSION 44

CHAPITRE VII ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

VII.1 INTRODUCTION 45
VII.2 GEOLOGIE 45
VII.2.1 Contexte géologique de la zone 45
VII.2.1.1 Les familles géologiques dans la zone 45
VII.2.1.2 Sismicité de la zone 46
VII.3 ETUDE GEOTECHNIQUE 46
VII.3.1 Introduction 46
VII.3.1.1 Programme d'investigation géotechnique 47
VII.3.2 Essai in situ 48
VII.3.2.1 Sondage carottier 48
VII.3.2.2 Sondage pressiométrique 50
VII.3.2.3 Essai SPT (Pénétration standard) 51
VII.3.2.4 Essai pénétromètre dynamique lourd PDL 53
VII.3.3 Essais au laboratoire 53
VII.3.3.1 Essai d'identification 53
VII.3.3.2 Essais d'identification chimique (sulfate ; chlorure ; carbonate ; MO) 53
VII.3.3.3 Essais mécaniques 54
VII.3.4 Paramètre de stabilité 57
VII.3.4.1 Remblai 57
VII.3.4.2 Déblai 58
VII.4 REUTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI 59
VII.5 CONCLUSION 59

CHAPITRE VIII ASSISE FERROVIAIRE

VIII.2 INTRODUCTION 60
VIII.2.1 Le ballast 60
VIII.2.2 Sous – couche 61
VIII.2.2.1 Sous-ballast 61
VIII.2.2.2 La couche de fondation 61
VIII.3 LA PLATEFORME 61
VIII.3.1 Définition 61
VIII.3.2 Classification des sols pour la plateforme 62
VIII.3.3 Classe de portance de la plateforme 63
VIII.3.4 Plate-forme proposée 63
VIII.3.5 Couche de forme 64
VIII.4 CALCUL DES EPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D'ASSISE 64
VIII.5 CONCLUSION 66

CHAPITRE IX PROFIL EN TRAVERS

IX.1 INTRODUCTION 67
IX.2 PROFIL EN TRAVERS 67
IX.2.1 Les éléments du profil en travers 67
IX.2.1.1 Eléments de superstructure 67
IX.2.1.2 Eléments de l'infrastructure 67
IX.2.1.3 Eléments du talus 67
IX.2.1.4 Eléments d'assainissement 68

IX.2.2 Profile en travers type de mon projet *68*
IX.3 CALCUL DES CUBATURES **68**
IX.4 CONCLUSION **69**

CHAPITRE X TERASSEMENTS ET OUVRAGES

X.1 LES TERRASSEMENTS **70**
X.1.1 Pente de talus *70*
X.1.2 Calcule la stabilité de talus *70*
X.1.2.1 Vérification de la stabilité des talus **71**
X.2 LES OUVRAGES : **74**
X.2.1 Croisement avec une route : *74*
X.3 LES OUVRAGES DE NOTRE PROJET **74**
X.3.1 Croisements route ou piste *74*
X.3.2 Piste à supprimer : *76*
X.3.3 Ouvrages hydrauliques et ouvrage d'art : *76*
X.4 CONCLUSION : **77**

CHAPITRE XI CONCEPTION DE LA GARE DE TENOUKLA

XI.1 INTRODUCTION **78**
XI.2 TYPE DE GARE **78**
XI.2.1 Les gares de voyageurs *78*
XI.2.2 Les gares de marchandises *78*
XI.2.3 Les gares mixtes *79*
XI.2.4 Les gares de croisement *79*
XI.3 ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE **79**
XI.4 AMENAGEMENT DE LA GARE **79**
XI.4.1 Installations d'une gare à voyageurs *79*
XI.4.2 La marge de glissement *80*
XI.4.3 Garage franc *80*
XI.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement *81*
XI.4.5 Heurtoir *81*
XI.5 AMENAGEMENT DE LA GARE **82**
XI.5.1 Déclivité dans les gares *82*
XI.5.2 Quai *82*
XI.5.2.1 La longueur de quai **82**
XI.5.2.2 La largeur de quai **82**
XI.5.2.3 La Hauteur de quai **82**
XI.5.2.4 La distance à l'axe de la voie **83**
XI.5.2.5 L'entre axe des quais **83**
XI.5.2.6 Les appareils de voie **83**
XI.5.3 Application au projet *84*
XI.5.4 Assainissement de la gare *86*

CHAPITRE XII SEGNALISATION FERROVIAIRE

XII.1 INTRODUCTION 87
XII.2 OBJET DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE 87
XII.3 IMPLANTATION DES SIGNAUX EN ALGERIE 87
XII.4 LES FONCTIONS DE LA SIGNALISATION 87
XII.5 LES DIFFERENTS TYPES DE BLOCKS 87
XII.6 DEFINITION DU SYSTEME ERTMS 91
XII.7 CONCLUSION 91

CHAPITRE XIII IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 INTRODUCTION : 92
XIII.2 IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT 92
XIII.2.1 Les ressources en eaux : 92
XIII.2.2 Patrimoine privé : 93
XIII.2.3 Les zones agricoles : 93
XIII.2.4 Le couvert forestier : 93
XIII.2.5 Vibrations et nuisances 94
XIII.3 MESURES PRISES EN COMPTE : 94
XIII.4 CONCLUSION : 94

CHAPITRE XIV DEVI ESTIMATIF ET QUANTITATIF

XIV.1 DEVI ESTIMATIF ET QUANTITATIF 95

CONCLUSION GENERAL

CONCLUSION GENERALE 98

ملخص

هذه الأطروحة عبارة عن دراسة مفصلة لجزء من مشروع المسلك الاجتنابي للسكة الحديدية لتينوكلة(بسة) والذي يندرج ضمن مشروع جديد الخط المنجمي الشرقي مع رفع السرعة الي 120 كم/ساعة حديدا بين النقطة الكيلومترية 00+23 الي النقطة الكيلومترية 00+43 مع صميم محطة المسافرين ينوكلة.

م إجراء هذه الدراسة وفقًا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية(UIC) وبناء على وصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية SNTF باستخدام البرمجيات التالية: CIVIL 3D و INFRAWORKSو GEOSTUDIO.

ABSTRACT

This thesis is a detailed study of a railway project which is a part of the Ténoukla bypass project, which is part of the project to duplicate and modernize and/or rectify the mining line between Annaba and Djebel Onk, increasing the speed to 120 km/h specifically between ST 23+00 and ST 43+00, with the design of the Ténoukla passenger station.

This study was designed according to the standards of the International Union of Railways (UIC) and based on recommendations from the National Railway Transportation Company (SNTF), using the following software: CIVIL 3D, InfraWorks, GEO STUDIO.

RESUME

Cette mémoire est une étude détaillée du projet de contournement de Ténoukla, qui fait partie du projet de dédoublement et de modernisation et/ou de rectification de la ligne minière entre Annaba et Djebel Onk, pour augmenter la vitesse à 120 km/h spécifiquement entre 23+00 km et 43 +00 km, avec la conception de la gare voyageurs de Ténoukla.

Cette étude a été effectuée selon les normes établies par l'union internationale des chemins de fer.

(UIC) et conformément aux recommandations de la Société nationale des transports ferroviaires

algérienne (SNTF), en utilisant les logiciels suivants : CIVIL 3 D, infraWorks, GEO STUDIO.

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I RECHERCHE BIOGRAPHIQUE

FIGURE I. 1 SECTION TRANSVERSALE DU PONT A L'AIDE DE CIVIL 3D 4
FIGURE I. 2 CORRIDOR 3D DE PONT 5
FIGURE I. 3 MODEL 3D DE TERRAIN GENERER PAR MODEL BUILDER 5
FIGURE I. 4 IMPORTATION DE CORRIDOR 3D VERS INFRAWORKS 6
FIGURE I. 5 LA CONCEPTION DE PONT EN UTILISANT INFRAWORKS 7
FIGURE I. 6 GENERATION DES PLANS DETAILLE A L'AIDE DE REVIT 8

CHAPITRE II PRESENTATION DE PROJET

FIGURE II. 1 LES SECTIONS DE LA LIGNE MINIERE EST 9
FIGURE II. 2 LOCALISATION DE TEBESSA 10
FIGURE II. 3 CARTE TOPOGRAPHIQUE DE TENOUKLA 10
FIGURE II. 4 LOCALISATION DE PROJET 11

CHAPITRE III STRUCTURE DE RAILS

FIGURE III. 1 COMPOSANTS DE LA SECTION TRANSVERSALE DU RAIL 15
FIGURE III. 2 PROFIL RAIL DU TYPE UIC60 E1 16
FIGURE III. 3 TRAVERSE BI-BLOC (SNTF REFERENTIEL) 18
FIGURE III. 4 LES COMPOSANTES D'ATTACHE TYPE NABLA 19
FIGURE III. 5 BRANCHEMENT A DEUX VOIES, ET SES ELEMENTS CONSTITUTIFS 20
FIGURE III. 6 SCHEMA ILLUSTRATIVE DE L'APPAREIL DE VOIE. 20

CHAPITRE IV TRACE EN PLAN

FIGURE IV. 1 LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN 26

CHAPITRE VI ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

FIGURE VI. 1 BASSINS ET SOUS BASSINS TRAVERSE PAR LE CONTOURNEMENT DE TENOUKLA ET LEUR RESEA HYDROLOGIQUE 33
FIGURE VI. 2 DELIMITATIONS DES BASSINS VERSANTS SUR LA CARTE D'ETATS MAJOR 35
FIGURE VI. 3 CARTE DES ZONES BIOCLIMATIQUES DE L'EST ALGERIEN 37
FIGURE VI. 4 DIMENSIONS DE FOSSE 44

CHAPITRE VII ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQIUE

FIGURE VII. 1 TRACE SUR CARTE GEOLOGIQUE 45
FIGURE VII. 2 CARTE DES ZONES SISMIQUES EN ALGERIE SELON RPOA 2008 46
FIGURE VII. 3 SONDAGE CAROTTIER 49

CHAPITRE VIII ASSISE FERROVIAIRE

FIGURE VIII. 1 ÉPAISSEURS DES COMPOSANTS DE LA STRUCTURE D'ASSISE 66

CHAPITRE X TERASSEMENTS ET OUVRAGES

FIGURE X. 1 ANALYSE DE LA STABILITE DE REMBLAI POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION STATIQUE COURT TERME 71
FIGURE X. 2 ANALYSE DE LA STABILITE DE REMBLAI POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION STATIQUE LONG TERME 72
FIGURE X. 3 ANALYSE DE LA STABILITE DE REMBLAI POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION SISMIQUE 72
FIGURE X. 4 ANALYSE DE LA STABILITE DE DEBLAI POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION STATIQUE COURT TERME 73

FIGURE X. 5 ANALYSE DE LA STABILITE DE DEBLAI POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION STATIQUE LONG TERME....73
FIGURE X. 6 ANALYSE DE LA STABILITE DE DEBLAI POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION SISMIQUE....73
FIGURE X. 7 PASSAGE SUPERIEUR ROUTE NATIONALE....75
FIGURE X. 8 PASSAGE SUPERIEUR PISTE....75
FIGURE X. 9 PASSAGE INFERIEUR....76

CHAPITRE XI CONCEPTION DE LA GARE DE TENOUKLA

FIGURE XI. 1 SCHEMA DE LA MARGE DE GLISSEMENT....80
FIGURE XI. 2 SCHEMA DE GARAGE FRANC....81
FIGURE XI. 3 SCHEMA REPRESENTE LA LONGUEUR UTILE DE LA VOIE....81
FIGURE XI. 4 LA HAUTEUR DU QUAI ET LA DISTANCE ENTRE LE BOUT DU QUAI ET L'AXE DE LA VOIE....82
FIGURE XI. 5 SCHEMA D'IMPLANTATION DES ADV....84

CHAPITRE XIII IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

FIGURE XIII. 1 L'ELEVAGE DANS LA REGION....93

LISTE DES TABLEAUX CHAPITRE II

PRESENTATION DE PROJET

TABLEAU II. 1 LES CONTRAINTES DU TRACE.....12

CHAPITRE III STRUCTURE DE RAILS

TABLEAU III. 1 CARACTERISTIQUES DE RAILS DU TYPE UIC 60 E1 16
TABLEAU III. 2 LES CARACTERISTIQUES D'APPAREILS DE VOIE UTILISE DANS LE PROJET 20

CHAPITRE IV TRACE EN PLAN

TABLEAU IV. 1 VALEURS LIMITES DU DEVERS.....22
TABLEAU IV. 2 VALEURS LIMITES DE L'INSUFFISANCE DE DEVERS.....23
TABLEAU IV. 3 VALEURS LIMITES DE L'EXCES DE DEVERS.....23
TABLEAU IV. 4 LES VALEURS DE LA COURBURE 24
TABLEAU IV. 5 LIMITATION DE LA COURBURE 25
TABLEAU IV. 6 LIMITE DA LA VARIATION DE DEVERS.....25
TABLEAU IV. 7 LIMITE DE VARIATION DE L'INSUFFISANCE DE DEVERS DANS LES RACCORDEMENTS 26
TABLEAU IV. 8 LES LONGUEURS MINIMALES DES ALIGNEMENTS ET DES PLEINES COURBES.....27
TABLEAU IV. 9 PARAMETRES GEOMETRIQUES DU TRACE.....27
TABLEAU IV. 10 TABLEAU RECAPITULATIF DES PARAMETRES DU TRACE 29

CHAPITRE V PROFIL EN LONG

TABLEAU V. 1 LES DECLIVITES PAR RAPPORT LES LONGUEURS SELON LA NORME SNTF 30
TABLEAU V. 2 LES LONGUEURS MINIMALES DES ELEMENTS DE PROFILE EN LONG 31
TABLEAU V. 3 VALEURS DE RAYON VERTICAL MINIMALE 31
TABLEAU V. 4 VALEURS DES PARAMETRES DE PROFIL EN LONG.....32

CHAPITRE VI ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

TABLEAU VI. 1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS.....36
TABLEAU VI. 2 TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE ENTRE 1980-2022.....36
TABLEAU VI. 3 LES COORDONNEES DE LA STATION HYDRO CLIMATIQUES 37
TABLEAU VI. 4 VALEURS DES PLUIES ANNUELLES SELON LES FREQUENCES CHOISIES 37
TABLEAU VI. 5 PLUIES MAXIMALES JOURNALIERES POUR CHAQUE FREQUENCE (MM) 38
TABLEAU VI. 6 PARAMETRES CLIMATIQUES DE MONTANA.....38
TABLEAU VI. 7 RESULTATS DE CALCUL DE DEBIT DE POINTE 41
TABLEAU VI. 8 VALEUR DE KS 41
TABLEAU VI. 9 DIMENSIONS DES OUVRAGES DE DRAINAGE 42
TABLEAU VI. 10 DEBIT TALUS.....43
TABLEAU VI. 11 DEBIT PLATEFORME 43
TABLEAU VI. 12 LES DIMENSIONS DE FOSSE 44

CHAPITRE VII ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQIUE

TABLEAU VII. 1 COEFFICIENT D'ACCELERATION A DES ZONES 46
TABLEAU VII. 2 PROGRAMME D'INVESTIGATION GEOTECHNIQUE 48
TABLEAU VII. 3 IMPLANTATION ET DESCRIPTION DES SONDAGES CAROTTIER 50
TABLEAU VII. 4 RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES.....51
TABLEAU VII. 5 IMPLANTATION ET DESCRIPTION DES ESSAIS SPT 53
TABLEAU VII. 6 IMPLANTATION ET DESCRIPTION DES ESSAIS PDL 53
TABLEAU VII. 7 PARAMETRES DE STABILITE DES REMBLAIS 58
TABLEAU VII. 8 PARAMETRES DE STABILITE DES DEBLAIS 59

CHAPITRE VIII ASSISE FERROVIAIRE

TABLEAU VIII. 1 GRANULOMETRIE DU BALLAST....60
TABLEAU VIII. 2 CLASSE DE SOL SUPPORT LE LONG DE TRACE....63
TABLEAU VIII. 3 LA CLASSE LA PORTANCE DE LA PLATE-FORME (NORMES UIC 719R P.34)....64
TABLEAU VIII. 4 LES VALEURS DES DIFFERENTS PARAMETRES POUR LE CALCUL DE L'EPAISSEUR....65

CHAPITRE IX PROFIL EN TRAVERS

TABLEAU IX. 1 LES CUBATURES DE TERRASSEMENT....68

CHAPITRE X TERASSEMENTS ET OUVRAGES

TABLEAU X. 1 CARACTERISTIQUE DE STABILITE DE TALUS REMBLAI DANS PK 24+050....71
TABLEAU X. 2 CARACTERISTIQUE DE STABILITE DE TALUS DEBLAI DANS PK 30+625....72
TABLEAU X. 3 LISTE DES OUVRAGES D'ART POUR MON PROJET....75
TABLEAU X. 4 PISTES A SUPPRIMER....76

CHAPITRE XI CONCEPTION DE LA GARE DE TENOUKLA

TABLEAU XI. 1 LONGUEUR UTILE....85

CHAPITRE XII SEGNALISATION FERROVIAIRE

TABLEAU XII. 1 LES PRINCIPAUX SIGNAUX FERROVIAIRES ET LEUR INDICATION....90

INTRODUCTION GENERAL

Introduction générale

Le réseau de chemin de fer algérien a été construit progressivement, au cours de la période de colonisation, trois programmes ont été mis en place par l'administration : le programme de 1857, celui de 1879 et celui de 1907.

Le 8 avril 1857, l'occupation française autorise la construction de 1 357 kilomètres de ligne. Seule la ligne Alger-Blida est achevée et ouverte au service voyageur le 8 septembre 1862. Entre 1857 et 1878, les lignes ou segments de ligne suivants ont été construits avec une longueur totale de 1 365 km : Annaba-Ain Mokra, Annaba-Bouchegouf-Guelma, Khroub-Oued Zenati, Constantine-Skikda, Constantine-Sétif, Alger-Thénia, Alger-Oran, Arzew-La Macta Mohammadia, Mohammadia-Mécheria, Oued Tlélat-Sidi Bel Abbès.

Entre 1879 et 1906, un programme de 1 747 km de nouvelles lignes a été inséré dans le réseau existant., 2035 km de lignes ont été construits ou mis en service : Souk Ahras-Tébessa, Le Kouif et embranchement vers la frontière, Ain-Mokra -Ramdane Djamel, Ouled Rahmoune-Khenchela, ElGuerrah-Biskra, Sétif-Thénia avec embranchements vers Tizi. Ouzou, Béjaia et Sour El Ghozlane, Blida-Berrouaghia, MostaganemRelizane Tiaret, Oran-Arzew, Sidi Bel Abbès-Tlemcen Frontière, Tabia-Crampel, Méchéria-Béchar, Tizi-Mascara.

Entre 1907 et 1946, un troisième programme de nouvelles lignes, couvrant 5014 km, a été établi et vient compléter le réseau déjà en place : Ain Beida-Tébessa, El Milia-Jijel, Biskra-Touggourt avec embranchements vers Tolga et El Oued, Constantine-Oued Athmania, Berrouaghia-Djelfa, Tiaret-Mahdia-Cl. Bouguerra, Mascara Mechria avec embranchement vers Relizane, Sidi Bel Abbès-Tizi, Tlemcen-Beni-Saf, Mostaganem-La Macta.

Le 30 mai 1938, les lignes d'intérêt général CFAE et PLM sont rattachées à la SNCF récemment créée, et le réseau algérien resté sous le contrôle colonial jusqu'à l'indépendance.

La Société nationale des chemins de fer français en Algérie devient la Société nationale des chemins de fer algériens (gardant le même sigle SNCFA) le 16 mai 1963. Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'État français, l'État algérien divise la SNCFA, en trois organismes distincts, la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), la Société nationale d'études et de construction des infrastructures ferroviaires (SNERIF) et la Société d'ingénierie et de construction des infrastructures ferroviaires (SIF).

Un nouveau programme d'investissement permet la réalisation de 203 km de nouvelles lignes, le doublement de 200 km de voies sur le périphérique nord et le renouvellement de 1 400 km

de voies et de ballast. En 1986, la crise financière entraîne la dissolution du SNERIF et du SIF, dont les prérogatives sont reprises par la SNTF, qui change de statut en 1990 pour devenir une EPIC. À la fin des années 1990, la SNTF avait en sa possession un réseau de 3 500 km.

En 2005, l'ANESRIF (Agence Nationale d'Études et de Suivi de la réalisation des investissements ferroviaires) a été fondée, pour superviser un nouveau programme d'investissements publics, dans le but d'atteindre un réseau de 12 500 km d'ici 2030.

En 2010, 315 km de nouvelles voies ont été ouvertes, comprenant Bou Arreridj à M'sila, Ain Touta à M'sila et la nouvelle ligne de Béchar. Les lignes de banlieue d'Alger ont bénéficié de l'électrification.

En 2015, dans le cadre d'un projet de 2 300 km de nouvelles lignes, la boucle des Hauts Plateaux occupe la majeure partie des 1 324 km en travaux.

La ligne reliant Tissemsilt à M'sila en passant par Boughezoul, qui a une longueur de 290 km, est officiellement inaugurée le 26 décembre 2022.

En janvier 2023, la ligne ferroviaire qui relie la Wilaya de Saïda à Frenda (Wilaya de Tiaret) sur une distance de 120 km a été opérationnelle.

En août 2023, le président algérien Abdelmadjid Tebboune a annoncé un programme important pour construire de nouvelles lignes ferroviaires dans le cadre d'un partenariat avec la Chine. L'objectif est de créer 6 000 km de lignes ferroviaires allant du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest.

Le 23 octobre 2023, Le 29 octobre 2023 respectivement la ligne ferroviaire reliant le complexe sidérurgique de Bellara au port de Djen Djen de la ville de Jijel sur une distance de 49 km et à ligne Bouguezoul-Djelfa-Laghouat sur une distance de 250 km ont été inaugurée.

Le réseau de chemins de fer en Algérie est conçu pour le transport de personnes et de marchandises. En 2019, la CIA(CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY) a établi la dernière classification mondiale des chemins de fer, plaçant l'Algérie au 31e rang parmi 132 pays à travers le monde avec un réseau qui s'étend sur plus de 6300 km.

Les travaux de dédoublements, modernisation, rectification et d'électrification de la ligne ferroviaire minière de transport du phosphate de Bled El Hadba ont reçu le fou vert en 2023.

En passant par quatre wilayas de l'Est : Tébessa, Souk-Ahras, Skikda et Annaba, le parcours s'étend sur 388 km.

Dans le cadre de ce projet nous prévoyons de réaliser une étude en APD du tronçon ferroviaire du contournement de Tébessa du PK23+00 au PK 43+00 qui contourne les montagnes de Ténoukla sur une longueur de 20 km avec une vitesse maximale de 120 km/h ainsi que la que la conception de la gare voyageuse vers la fin de projet.

CHAPITRE I

RECHERCHE BIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction

Tout projet linéaire contient ou moins un ouvrage d'art le pré dimensionnement de ce dernier en utilisant la méthode ordinaire (Autocad) prend beaucoup de temps avec une forte chance que tout le dessin a certaines étapes de calcul les dimensions ne pas vérifier ce qui nécessite une modification partielle ou refaire tout le travail, mais avec l'introduction de BIM et interopérabilité entre ces logiciels le prédimensionnement et la modification seront plus faciles et plus souples. dans tout ce qui suit on va traiter la procédure de prédimensionnement à l'aide des trois logiciels suivants : Civil 3D, Infraworks, Revit.

I.2 Les logiciel BIM de la collaboration

I.2.1 Civil 3D

C'est un logiciel de conceptions, études et de simulation des projets d'infrastructure linéaire développé par Autodesk.

I.2.2 Infraworks

C'est un logiciel d'analyse et de modélisation 3D des projets d'infrastructures développé par Autodesk

I.2.3 Revit

C'un logiciel qui permet la modélisation 3D, la décoration et la génération des plans 2D et 3D détaillés pour toutes sortes de structures.

I.3 Les étapes de la collaboration

1)Le premier logiciel c'est le civil 3D qui nous a permis de :

-Créer la section transversale de pont

- Controller géométrie de pont (droite, courbe, la hauteur)

-Créer un modèle 3D qui peut être transféré directement vers infraworks.

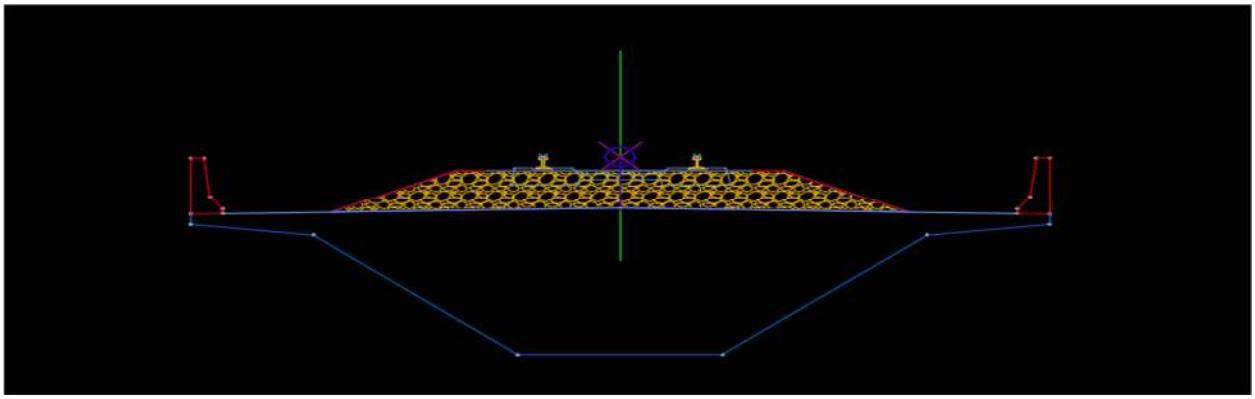


Figure I. 1 Section transversale du pont à l'aide de civil 3D

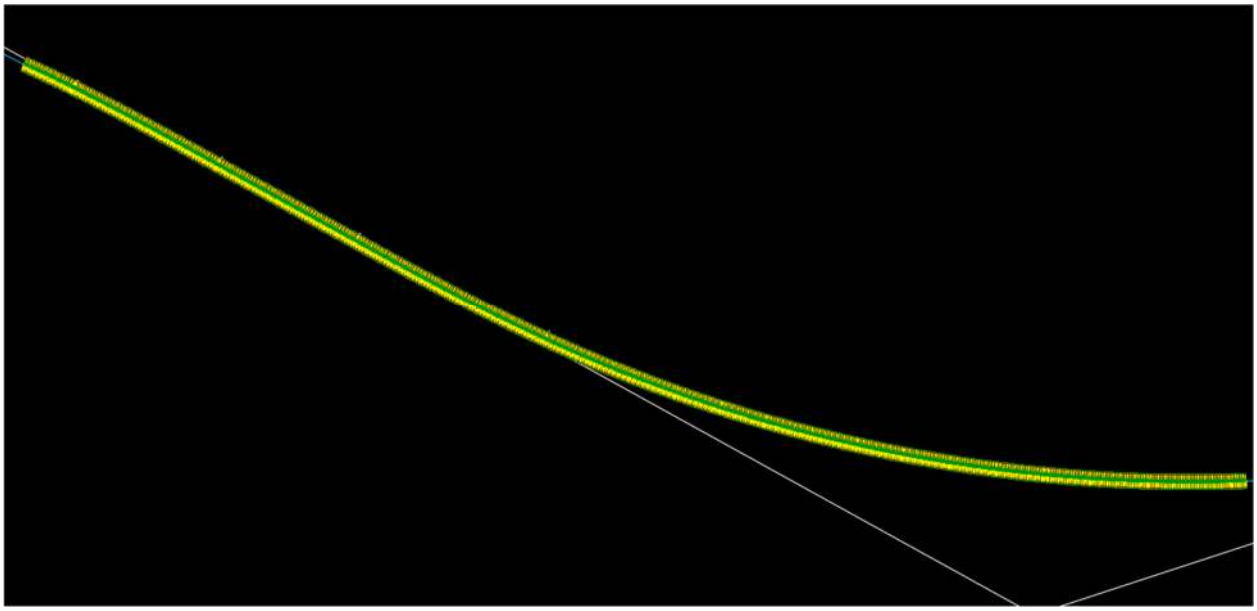


Figure I. 2 Corridor 3D de pont

2) Le deuxième logiciel c'est Infraworks et grâce au module de Model builder on peut avoir notre modèle topographique qui est très proche de la réalité ensuite et grâce à l'interopérabilité entre civil 3D et infraworks on peut importer le corridor 3d de projet dans infraworks.



Figure I. 3 Model 3D de terrain générer par Model Builder

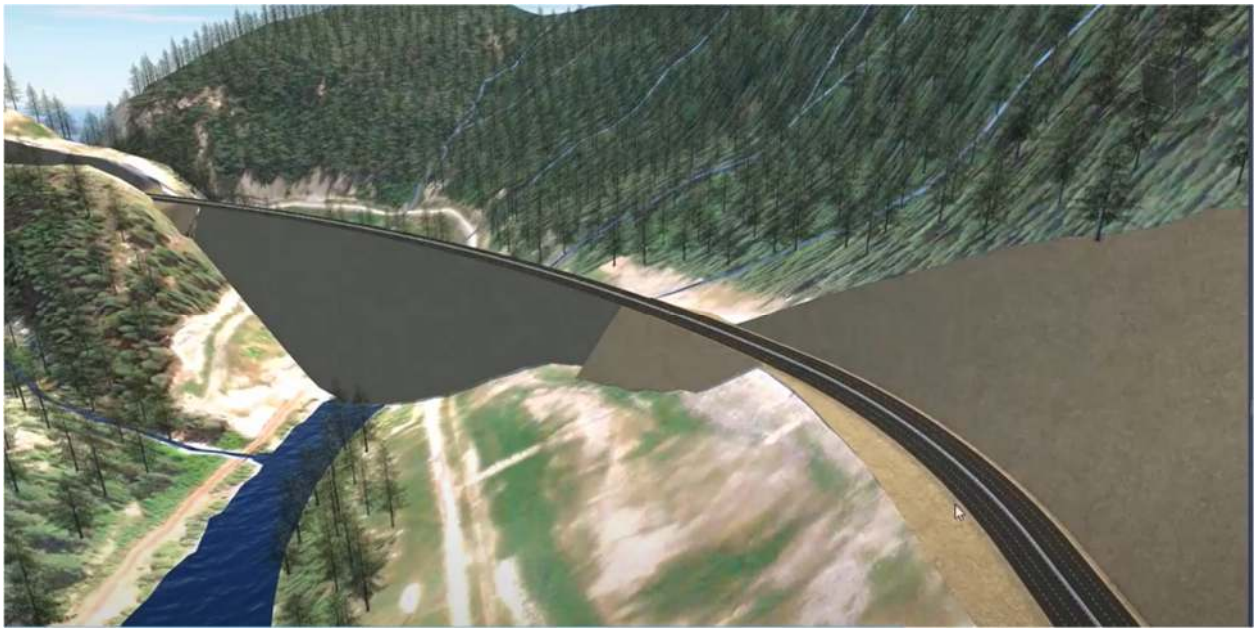


Figure I. 4 Importation de corridor 3D vers infraworks

Après l'importation de modèle on peut commencer la conception de notre ouvrage, infraworks nous donne la possibilité de modifier plusieurs choses tell que :

-La longueur de l'ouvrage et le nombres des travées

-La forme des piles et des fondations

-Le type de pont (poutres, caissons, mixtes).

-Les matériaux et les dimensions des appareil d'appuis.



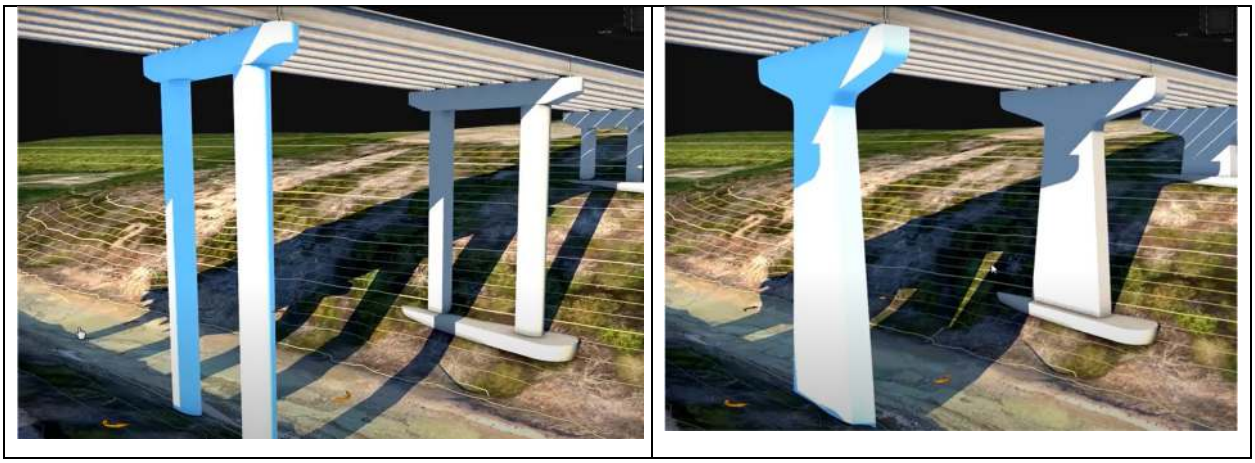
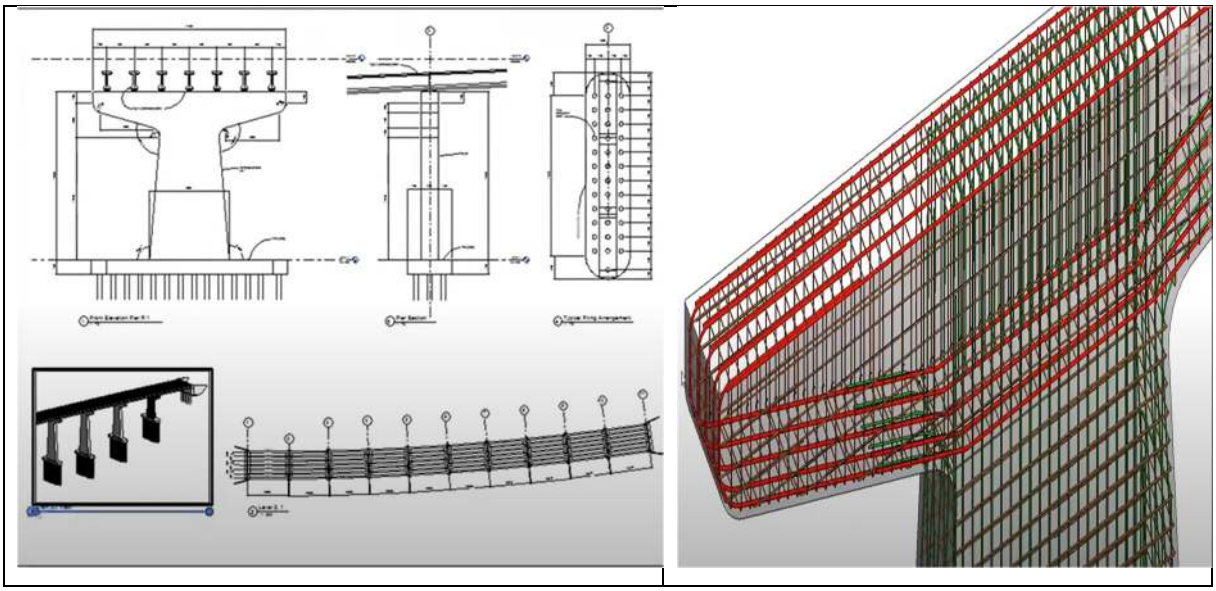


Figure I. 5 La conception de pont en utilisant infraworks

3) La phase finale de la collaboration après l'exportation du modèle de pont à partir d'infraworks vers revit ce dernier peut générer les plans d'exécutions très détaillé tell que : plan de masse, plan d'élévation, plan de coffrage et de ferraillage de chaque élément de pont.



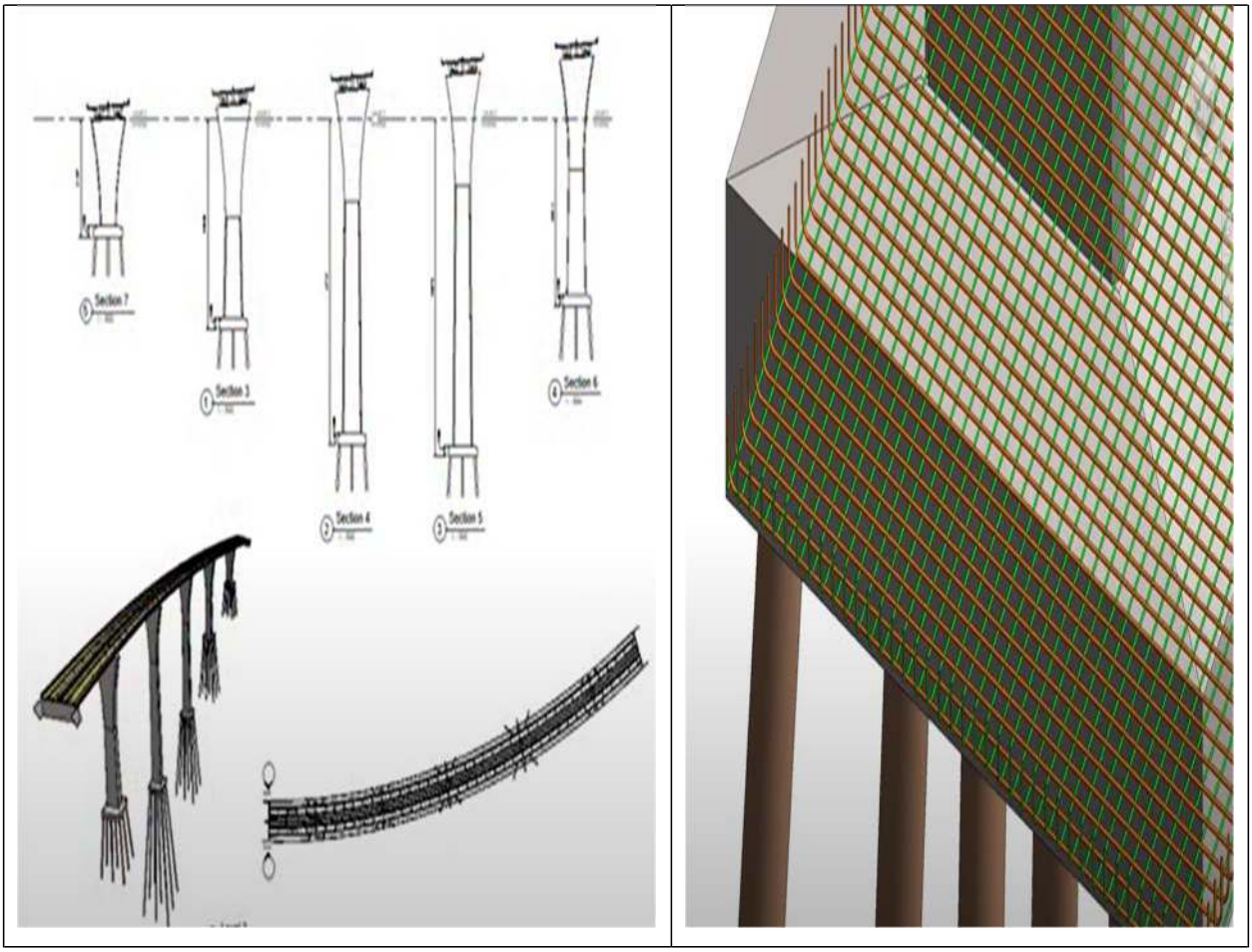


Figure I. 1 Génération des plans détaillé à l'aide de revit

I.4 Conclusion

L'utilisation de ces logiciels augmente la productivité des ingénieurs et la précision de travail avec un gain de temps très important, sans oublier la possibilité de la modification dans chaque étape sans réfère le travail (le dessin des trois pièces du pont).

CHAPITRE II

PRESENTATION DE PROJET

II.1 Introduction

L'ANESRIF, l'agence nationale d'étude et de suivi des réalisations des investissements ferroviaires, a initié un programme visant à améliorer le réseau ferroviaire en Algérie, l'un des projets dans ce programme le dédoublement et la rectification de la ligne minière Est Annaba _ Djebel ONK composé de trois tronçons :

- Tronçon 1 : ANNABA - BOUCHEGOUF 54.739 km

- Tronçon 2 : BOUCHEGOUF - OUED KEBERIT 108 km

- Tronçon 3 : OUED KEBERIT - DJEBEL ONK 176.5 km



Figure II. 1 les sections de la ligne minière Est

Notre tracé qui concerne le contournement de Tébessa-Ténoukla est inclus dans la section 3, ce projet vise à améliorer la capacité d'expédition et de réception de phosphate.

II.2 La présentation de la région d'étude

II.2.1 Situation géographique

La wilaya de Tébessa se trouve à l'extrême nord-est du pays, à proximité des frontières tunisiennes. Sa superficie s'élève à environ 14 000 km^2.

Tébessa est limité par :

• Au Nord par Souk-Ahras.

• A l'Ouest par Khenchela et Oum el bouaghi

• A l'Est, elle borde par la Tunisie.

• Au Sud par El Oued.



Figure II. 2 Localisation de Tébessa

II.2.2 Le relief

La région de Ténoukla est caractérisée par un relief extrêmement accidenté, avec des plateaux et des montagnes élevées, comme la montagne de Ténoukla, ainsi que des oueds très

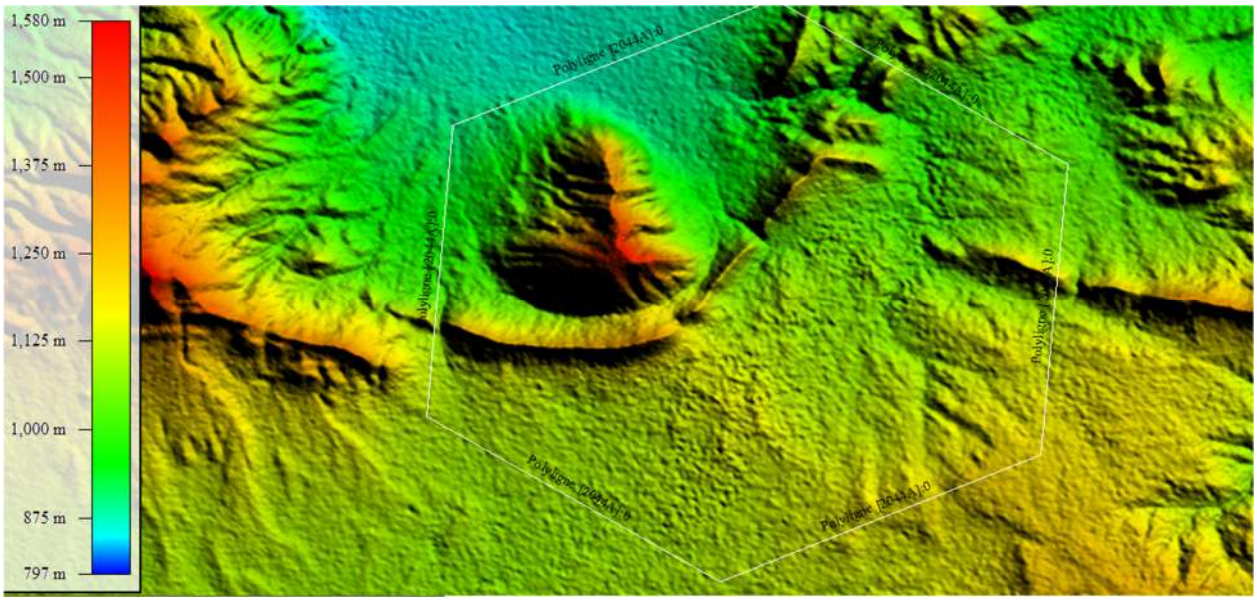


Figure II. 3 Carte topographique de Ténoukla

II.2.3 Climat

Ténoukla a un climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs, et des hivers doux et pluvieux. Les températures annuelles sont généralement de 7 à 27 °C, et les précipitations moyennes s'élèvent à environ 300 millimètres par an.

II.2.4 Sismicité de la zone

Selon le RPOA et d'après la carte de zonage sismique algérienne, la wilaya de Tébessa est classée en zone sismique I (sismicité faible).

II.3 Présentation de projet

Le projet du contournement s'étend sur 43 Km notre tronçon est limité entre le Pk 23 jusqu'à le Pk 43 sur un linéaire de 20 km avec l'aménagement de la gare de Ténoukla vers la fin, ce projet vise à :

- Évitez la section de forte pente entre Ténoukla et Tébessa (> 2%).

-L'aménagement d'un couloir ferroviaire qui contourne la ville de Tébessa dédié au train-bloc des minéraux ce qui réduit la circulation des trains en gare de Tébessa.

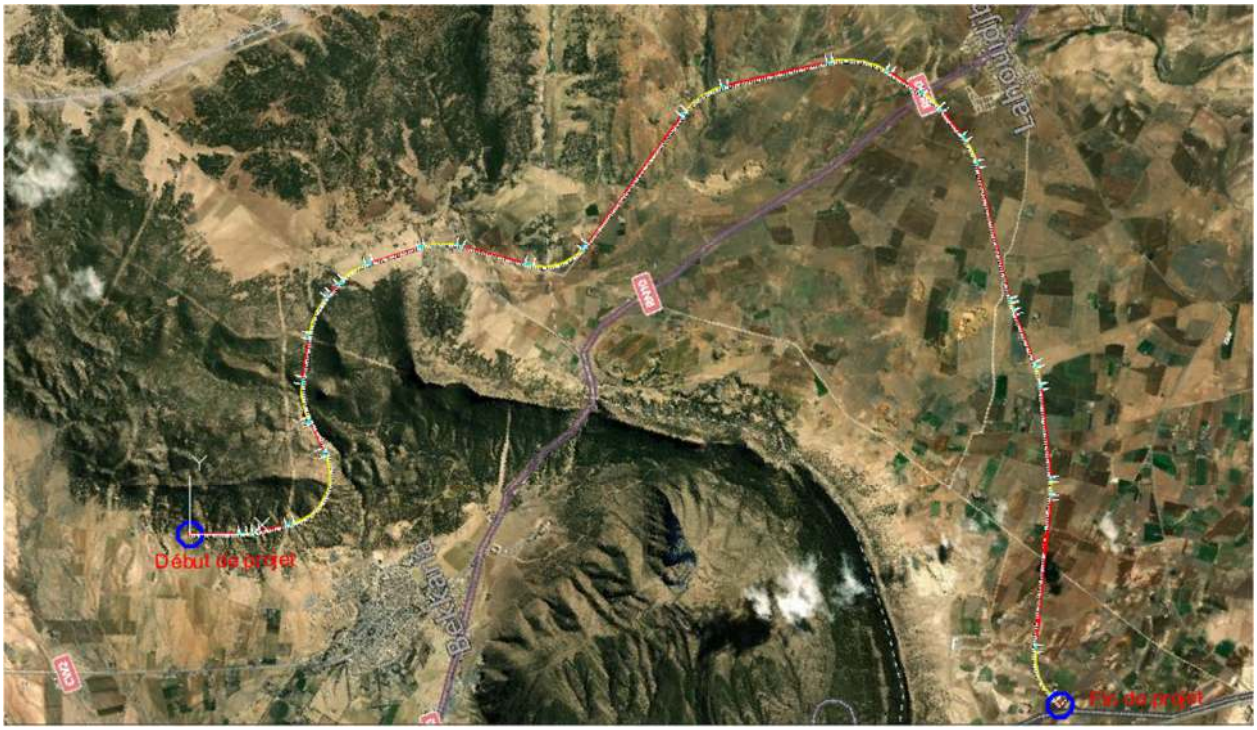


Figure II. 4 Localisation de projet

II.3.1 Contraintes du tracé

Cette voie ferrée fait face à de nombreux obstacles, ces obstacles sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

PK	Nature d'obstacle	Type d'ouvrage
23+525 au 23+675	Oued	Pont droite +une partie courbe
25+225 au 26+050	Oued	Pont courbe en S avec une partie droite
26+200 au 26+950	Oued	Pont droite +une partie courbe
23+750	Piste forestière	Passage supérieur
26+914	Piste forestière	Passage supérieur
28+170	Piste d'une caserne	Passage supérieur
32+125	Déviation de la RN10	Passage supérieur
35+184	Croisement avec RN10	Passage supérieur
40+845	Piste avant gare	Passage inférieur

Tableau II. 1 Les contraintes majors du racé

II.3.2 Caractéristiques techniques de projet

Les caractéristiques de la ligne sont résumées ci-dessous

- Nouvelle ligne a voie double.
- Mode de traction mixte : électrique – diesel.
- Longueur :19.623 km.
- **Superstructure** : Voie double équipée de rails UIC 60 E1 posés sur traverses Bi bloc.
- Logiciel utilisé dans l'étude : « CIVIL 3D 2023 »
- Écartement de la voie (standard) : 1435mm.
- Électrification : 25 KV.
- Charges à l'essieu : - Pleine voie 22.5 t. - Ouvrages d'art 25t.
- Ligne mixte voyageurs/marchandises.
- La vitesse de conception de la ligne : V_v =120 km/h ; V_m=80 km/h
- Le type d'attaches : Attaches élastiques NABLA.
- La longueur utile de la gare : 1225 m.
- Longueur maximale des trains marchandise 600 m
- Longueur maximale des trains voyageurs 300 m
- Ouvrage d'art : Double voie
- L'entraxe des voies est de 4.2 m.
- Les équipements de voie sélectionnés dans la gamme ci-dessous

- UIC-60 300- 1 :9 avec une vitesse de 50 km/h.
- UIC-60 500- 1 :12 avec une vitesse de70 km/h.

II.4 Conclusion

L'étude comparative de prix montre que la réalisation de ce nouveau projet au lieu de doubler le tracé existant permet à l'État d'éviter des pertes importantes et a également contribué à fluidifier la circulation des trains voyageurs dans la gare de Tébessa.

CHAPITRE III

STRUCTURE DE RAILS

III.1 Introduction

Le bon fonctionnement du transport ferroviaire dépend fortement de la superstructure ferroviaire, car elle constitue la partie supérieure de la voie utilisée par les trains. Elle inclut plusieurs composants qui ont des fonctions variées, comme les rails, les traverses, les fixations, les ballasts, les aiguillages et les signaux. Il est crucial de maintenir et de moderniser cette superstructure pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic ferroviaire. Il est essentiel que les compagnies de chemins de fer et les gestionnaires d'infrastructures accordent une grande importance à la maintenance par ce que la mise à jour de ces éléments est nécessaire pour assurer le rendement de cette infrastructure sur la durée de vie.

III.2 Les éléments de la voie

L'équipement de la voie inclut les rails, les traverses, les fixations et les ballasts, sont les composantes qui garanties la sécurité et la fiabilité du transport ferroviaire

III.2.1 Le rail

La voie ferrée est composée de rails en acier qui sont posés sur des traverses en bois ou en béton. Ils forment deux lignes parallèles avec un écartement standard de 1435 mm entre eux, ce qui est communément connu sous le nom d'écartement standard.

Les rails sont couramment inclinés par rapport au plan de roulement, ce qui entraîne une pente de 1/20 pour assurer le centrage des roues des trains pour le bon guidage lorsqu'elles traversent les voies.

Le rail a de nombreuses fonctions :

- Il résiste aux charges provenant du poids du train, que ce soit verticales ou horizontales. (comme la force centrifuge). Ces charges sont absorbées par la voie.
- Il assure le guidage des roues du train et le contrôle de leur déplacement sur la voie.
- Sa fonction est de transmettre le courant électrique, utilisé pour la signalisation et la traction des trains sur les lignes électriques.

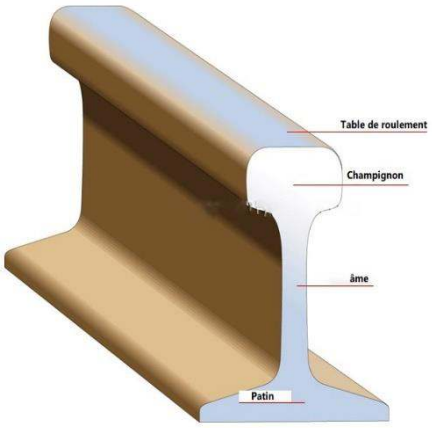


Figure III. 1 Composants de la section transversale du rail[1]

Chaque élément du rail a une fonction particulière :

Le patin

Il forme la partie basse du rail fixée sur la traverse, il prend la forme "L". Grâce à sa fixation à la traverse, le rail peut être réparti la charge et le garder en position.

Le champignon

Il forme la partie supérieure ou le surface de contact direct entre le rail et les roues du train. Les roues peuvent glisser en douceur sur le rail grâce à sa forme bombée qui minimise les vibrations et les chocs.

L'âme

Elle est située au centre du rail pour assure la liaison entre le patin et le champignon qui prend la forme "I". Elle assure la résistance et la stabilité du rail, car il est fabriqué en acier de haute qualité, pour pouvoir supporter les contraintes provoquées par le passage des trains.

La table de roulement

Elle représente la partie supérieure du champignon où les roues du train circulent. Cette surface est usinée de manière précise pour assurer une surface de roulement régulière et sans défauts. La table de roulement doit être entretenue régulièrement pour garantir la sécurité et le confort des passagers.

[1]TRANSPORT & MACHINERY :: RAIL TRANSPORT :: RAILROAD TRACK :: RAIL SECTION image - Visual Dictionary Online

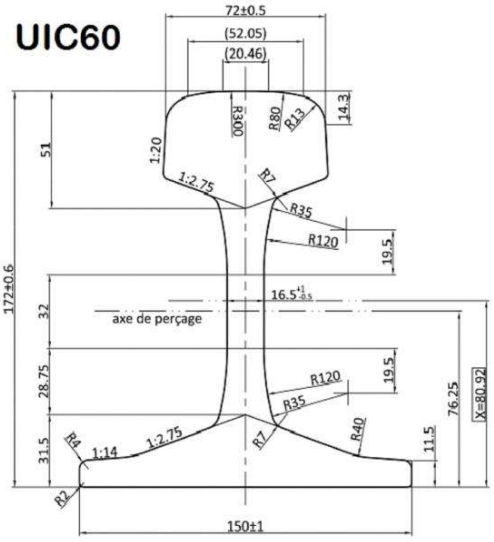


Figure III. 2 Profil rail du type UIC60 E1[2]

III.2.1.1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

Caractéristique	Valeur
Masse	60.21 kg/ml
Surface de la section	76.7 cm^2
Hauteur du rail	172 mm
Largeur du champignon	72 mm
Largeur du patin	150 mm
Moment d'inertie (axe x-x)	3038.3 cm^4
Moment d'inertie (axe y-y)	512.3 cm^4
Résistance à la traction	$R \geq 880$ N/mm^2
Allongement	$R \geq 10\%$
Dureté au milieu de la table de roule Épaisseur âme	260-300 HBW
Épaisseur âme	16.5 mm
Dimension indicative B	52.053 mm
Dressage	Classe A
Nuance	260 (carbone-manganèse)

Tableau III. 1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

[2]Rail En Acier Inoxydable,Uic60,Robuste,À Prix Utilisé - Buy Steel Rail Uic60,Heavy Rail,Competitive Price Product on Alibaba.com

III.2.1.2 Assemblage des rails

En général, les longueurs des rails utilisés pour construire les voies ferrées varient entre 18 à 36 mètres. Il est essentiel de connecter solidement les extrémités des rails pour assurer la solidité et la continuité de la voie. On a deux méthodes courantes pour faire la liaison entre les rails : les éclisses et les soudures.

Éclisses

Les éclisses se trouvent aux extrémités opposées des rails, près des âmes, et sont des fixations mécaniques en métal. Afin de garantir une transmission efficace des charges d'un rail à l'autre, les rails sont serrés à l'aide de boulons.

Soudures

Une fois que les rails sont fabriqués, ils sont souvent transportés par des trains vers des ateliers spécialisés dans le soudage électrique. Les longues barres soudées, connues sous le nom de "LRS" (longs rails soudés), sont réalisées grâce au soudage électrique. Des véhicules spéciaux sont utilisés pour transporter ces LRS. Ensuite elles sont installées sur les voies en train d'être construites ou réparées. Les LRS sont des unités élémentaires qui ont une longueur assez conséquente (300 m) et les soudures aluminothermiques seront utilisées ultérieurement pour les souder entre elles.

III.2.2 Les traverses

III.2.2.1 Les traverses en béton

La construction des voies ferrées en Algérie repose principalement sur l'utilisation de traverses en béton. On peut distinguer deux catégories de traverses en béton :

Les traverses bibloc

Leur structure est faite par deux blocs de béton liés par une entretoise en acier pour préserver l'écartement des rails. Elles sont largement utilisées pour les voies à faible trafic.

Les traverses monobloc

Il a présenté une poutre en béton précontrainte qui donne une bonne résistance à la flexion, avec une distribution des charges de manière plus efficace que le bibloc, ce qui permet d'éviter les poinçonnements. Les voies à fort trafic sont souvent équipées de traverses monobloc.

III.2.2.2 Les traverses en bois

Dans les constructions des anciennes voies, les traverses en bois étaient fréquemment utilisées. En ce qui concerne actuellement, leur utilisation est difficile sur le plan économique, en raison de leur durée de vie limitée, notamment on peut les trouvent dans certaines utilisations comme les appareils de voie.

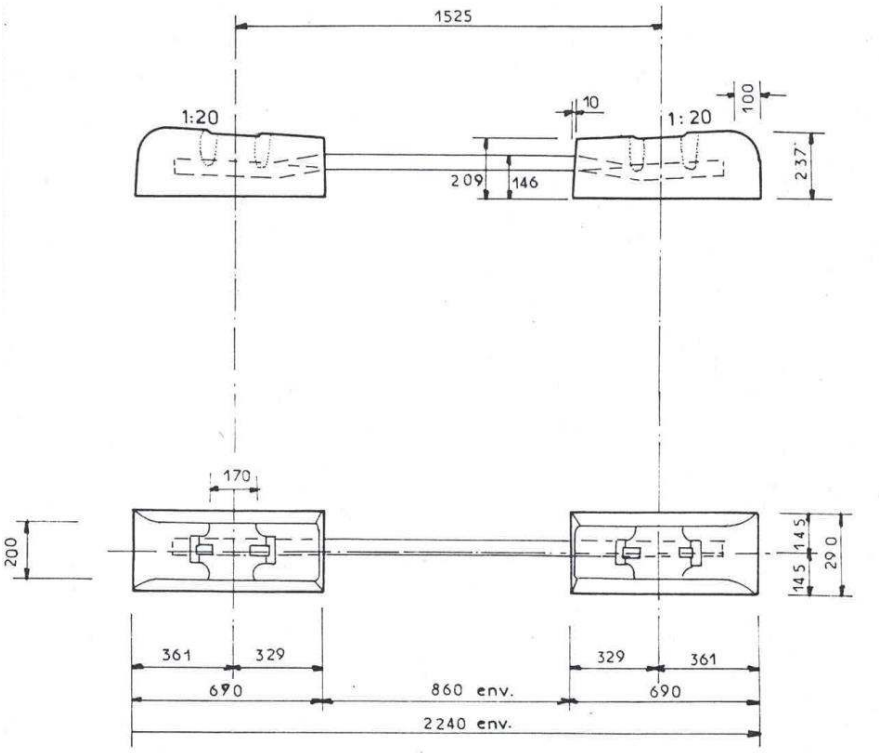


Figure III. 3 Traverse Bi-bloc (SNTF REFERENTIEL)

III.2.2.3 Rôle des traverses

La distribution uniforme des charges et le transfert des efforts du rail vers le ballast.

Assurer une précision maximale dans l'inclinaison du rail ainsi que leur stabilité.

Assurer la sécurité et la durabilité de la voie.

III.2.3 Les attaches travers-rail

Pour assurer la fixation du rail sur le travers, on utilise des éléments métalliques qui gardent le rail sur la traverse avec une certaine flexibilité dans les deux sens vertical et horizontal. On utilise le tire-fond qui a conçu ces boulons spécifiquement pour ce type d'attache. Le choix de l'attache travers-rail dépend du matériau utilisé pour la traverse, qu'il soit en bois ou en béton, ainsi que des caractéristiques du rail (type, poids, etc).

Les vibrations dans les rails sont absorbées par une semelle d'élastomère cannelée de 9 mm d'épaisseur, qui se trouve entre le rail et la traverse. Cela permet de diminuer les nuisances sonores et les vibrations pour assurer le confort des voyageurs.

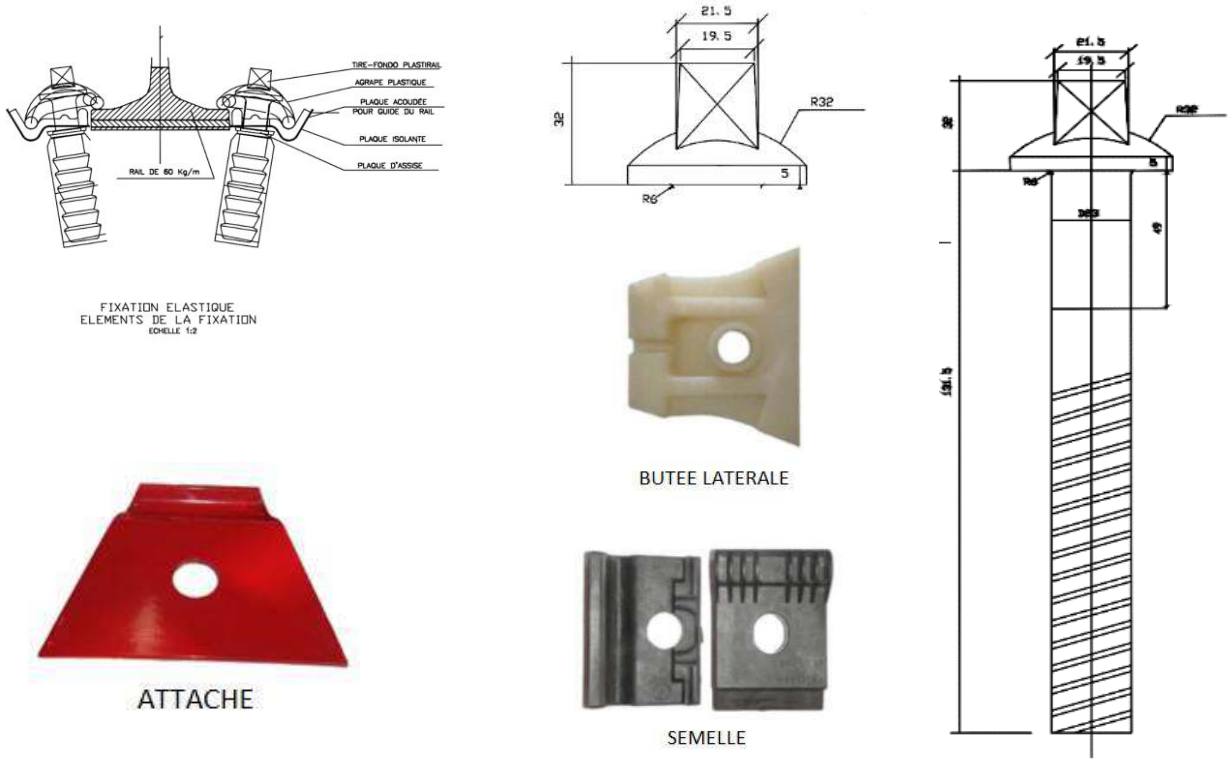


Figure III. 4 les composantes d'attache type nabla

III.2.4 L'appareil de voie

L'appareil de voie assure la sécurité des trains lorsqu'ils passent d'une voie à l'autre. Les aiguillages font partie intégrante des appareils de voie, car ils sont le premier responsable du changement de voie de circulation des trains.

On peut commander les aiguillages électriquement ou manuellement, et ils se distinguent par leur angle de déviation au cœur. Ils se composent de rails spéciaux appelés croisements de rail avec la partie mobile pour diriger le train. En plus on a des contre-rails pour fixer les roues de tain dans la voie direct sans risque de déraillement de train.

Il y a des conditions à prendre en compte dans le positionnement de l'appareil de voie par ce que les appareils de voie ne peuvent pas être posés dans les raccordements progressifs où les dévers sont variables. Ce n'est pas interdit mais il est non recommandé d'implanté une ADV dans le plein courbe. La vitesse d'approche est calculer en fonction de rayon de l'ouverture de l'appareil.

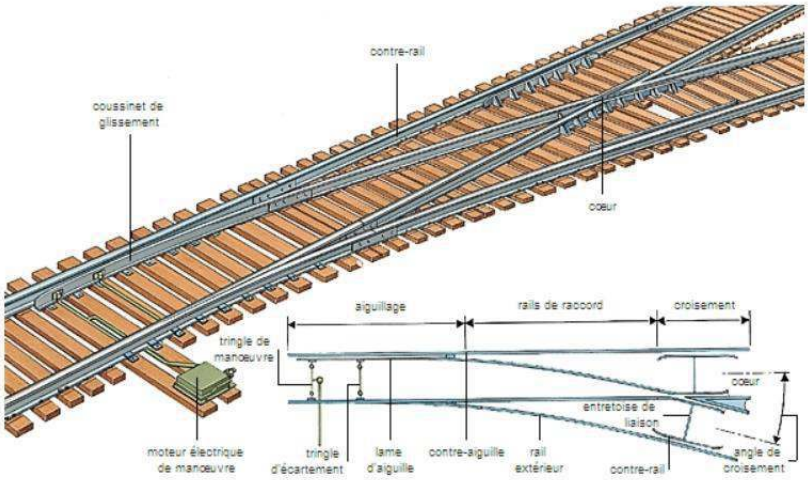


Figure III. 1 Branchement à deux voies, et ses éléments constitutifs[3]

Appareil de voie (1/n)	R (m)	a (m)	b (m)	C (m)	V (km/h)
1/12	500	20.797	22.684	22.684	65
1/9	300	16.616	17.922	19.922	50

Tableau III. 1 les caractéristiques d'appareils de voie qui j'utilise pour mon projet

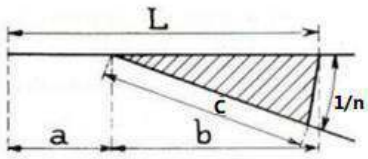


Figure III. 2 Schéma illustrative de l'appareil de voie.

III.3 Conclusion

Les éléments utilisés dans la réalisation de notre projet sont :

Type de rail : UIC 60 E1

Type d'attache : Attache nabla

Traverse : bi-block vax 31

Classe de ballast : (31.5/50)

[3]https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Branchement_%C3%A0_deux_voies/1001440

CHAPITRE IV

TRACE EN PLAN

IV.1 Introduction

Le tracé en plan est une étape cruciale dans la conception d'une voie ferrée, assurant la sécurité des voyageurs, la durabilité de la voie et l'efficacité du réseau ferroviaire. Il est principalement constitué des éléments suivants :

- L'alignement
- Arc de cercle
- Courbe de raccordement
- Les doucines

La conception du tracée en plan a été élaboré pour limiter les effets de force centrifuge lors du passage des courbes, et pour que les caractéristiques du tracé en plan soient en adéquation avec les exigences d'exécution et d'exploitation vu que la ligne est mixte en distinctes deux vitesses :

V_V: pour les trains rapides

V_M: pour les trains lents

IV.2 Les éléments de tracé en plan

La structure d'une voie ferrée comprend généralement des segments linéaires et des courbes, qui sont connectés entre eux par des éléments de transition.

IV.2.1 L'alignement

Une ligne droite dans le tracé en plan d'une voie ferrée se traduit par une courbe de rayon infini ($R=\infty$).

IV.2.2 Arc de cercle

Lorsque le train roule à une vitesse déterminée, il est exposé aux effets de la force centrifuge sur lui-même et ses passagers dans les courbes, ce qui peut causer le déraillement du train et c'est pourquoi nous utilisons le dévers dans la partie courbe pour réduire l'effet de cette force

IV.2.2.1 Dévers théorique

La formule théorique de déverse requise pour compenser complètement la force centrifuge est la suivante :

$$d_{th}= \frac{11.8*Vmax^2}{R}$$

V : la vitesse en km/h.

R : le rayon de la courbe en m.

IV.2.2.2 Dévers pratique

En réalité, le dévers théorique ne peut pas être appliqué en raison des différentes vitesses minimales des trains, surtout entre les trains rapides et les trains lents. C'est pourquoi il a été décidé de définir un dévers pratique.

- **Les approches de dévers pratiques**

- une première approche du dévers pratique : $\mathbf{0{,}5d_{th} < dp < 0{,}7d_{th}}$

- La seconde formule pour fixer le dévers pratique, prend en considération le coefficient de dévers C :

$$d_p=\frac{1000*C}{R} < d_p(max) \text{ ou } C= 0.006V^2$$

Le C est un multiple de 15

La **SNTF** a retenu Pour une vitesse V ≤ 220 Km/h.

- **Le dévers maximal d_p(max) en pleine courbe**

Établir par la **SNTF**

Valeur recommandée (mm)	**160**
Valeur maximale (mm)	**180**

Tableau IV. 1 Valeurs limites du dévers[4]

IV.2.2.3 Insuffisance de dévers

Lorsque la différence entre le dévers théorique et le dévers pratique appliqué est trop importante, cela entraîne des forces transversales non compensées qui peuvent être crée un danger de déraillement dans les grandes vitesses. Limiter ses forces est essentiel pour réduire la valeur de l'insuffisance de dévers.

[4] Référentiel SNTF

- **Insuffisance de dévers est exprimée par la formule**

$$I=d_{th}-d_p=\frac{11.8*V^2}{R}-d_p<I_{max}$$

- **Limitation d'insuffisance de dévers en plein courbe**

La **SNTF** a retenu Pour une vitesse V≤ 220 Km/h.

Valeur recommandée (mm)	**150**
Valeur Maximale (mm)	**160**

Tableau IV. 1 Valeurs limites de l'insuffisance de dévers[5]

IV.2.2.4 Excès de dévers

Le dévers théorique qui assure l'équilibre de train lent est inférieur aux devers pratique, ce qui donne des efforts transversaux non compense qui tend à pousser le véhicule vers l'intérieur de la voie. Donc on limite la valeur de ces efforts en limitant la valeur de la différence des devers. C'est la limitation de la valeur de l'excès de dévers.

- **Excès de dévers est exprimé par la formule**

$$E=d_p-d_{th}=d_p-\frac{11.8*V^2}{R}<E_{max}$$

- **Limitation d'Excès de devers en pleine courbe**

La **SNTF** a retenu Pour une vitesse V≤ 220 Km/h.

Valeur recommandée (mm)	**110**
Valeur Maximale (mm)	**130**

Tableau IV. 2 Valeurs limites de l'excès de dévers[6]

IV.2.2.5 Rayon minimum de l'arc de cercle

Ont précisé un rayon minimal pour assure la sécurité de passage de trains par la vitesse de conception pour réduire la force de contre centrifuge et garantir le confort des passagers.

[5]Référentiel SNTF
[6]Référentiel SNTF

- **Le dévers pour le rayon minimum**

$$\mathbf{d_{max}}=\frac{Emax*Vv^2*Imax*Vm^2}{Vv^2-Vm^2} < \mathbf{d_{th}\ max}$$

- La valeur de rayon minimal peut être calculé en fonction de plusieurs paramètres :

En fonction de I et dp et vitesses voyageuses : $\mathbf{R\ min}=\frac{11.8*Vv^2}{Imax+dp}$

- En fonction de Emax et Imax : $\mathbf{R\ min}=\frac{11.8*(Vv^2-Vm)}{Imax+Emax}$

IV.2.3 Courbe de raccordement

Lorsque la courbure se divise entre un tronçon rectiligne et un tronçon en arc de cercle, une accélération transversale est brusquement générée. Ce changement soudain de l'accélération transversale n'est pas favorable au confort des passagers et à la stabilité transversale du véhicule. Donc, il est crucial d'ajouter un lien entre l'alignement rectiligne et la courbe circulaire pour permettre une augmentation progressive de l'accélération. En se basant sur cette exigence de variation continue de la courbure, on utilise la clothoïde parmi les diverses courbes mathématiques. Les courbes de raccordement sont construites dans les cas suivants :

-Entre un tronçon rectiligne et une courbe

-Entre deux courbes ayant la même direction mais des rayons différents

-Entre une courbe et une contre-courbe

L'utilisation de ces courbes de raccordement est justifiée par le calcul de la variation de courbure, notée Δc.

Alignement-courbe	**Deux courbes de même sens avec R1 ≠ R2**	**Une courbe et contre courbe**
$\Delta c=\frac{1000}{R}$	$\Delta c=\frac{1000}{R1}-\frac{1000}{R2}$	$\Delta c=\frac{1000}{R1}+\frac{1000}{R2}$

Tableau IV. 1 les valeurs de la courbure[7]

[7]Référentiel SNTF

Les courbes de raccordement sont recommandés si : $\Delta c \geq \frac{2000}{Vmax^2}$

Les courbe de raccordement sont obligatoires si :

V < 100 km/h	V ≥ 100 km/h
$\Delta c \geq \frac{9000}{Vmax^2}$	$\Delta c \geq \frac{7000}{Vmax^2}$

Tableau IV. 1 limitation de la courbure[8]

IV.2.3.1 Variation de dévers dans le raccordement

Pour assurer un roulement régulier, Il est essentiel de limiter la rotation et le gauchissement d'un véhicule sur les raccordements. Dans les clothoïdes, le dévers varie graduellement de 0 à une valeur maximale "dp".

- **La variation de dévers Δd sur la longueur ΔL est exprimé par :** $\frac{\Delta d}{\Delta L}$ en (mm/m)
- **Limite da la variation de dévers :** La variation de divers doits satisfaire aux deux conditions suivantes :

Condition (1)				Condition (2)	
Limite de la variation de devers				**Limite de variation de devers en fonction de rayon et devers de la courbe adjacente**	
Valeur max normal		**Valeur max Exceptionnelle**		**Valeur du devers en plein courbe**	**Valeur limite de la variation de devers**
Par rapport la longueur	**Par rapport au temps**	**Par rapport la longueur**	**Par rapport au temps**	$\frac{(R-100)}{2} \geq d_p > \frac{(R-150)}{2}$	$\frac{\Delta d}{\Delta L} \leq 2$ mm/m
$\frac{180}{Vmax} =$ 1.5mm/m	50mm/s	$\frac{216}{Vmax} =$ 1.8mm/m	60mm/s	$\frac{(R-100)}{2} \geq d_p > \frac{(R-250)}{3}$	$\frac{\Delta d}{\Delta L} \leq 3$ mm/m
				$\frac{(R-250)}{3} \geq d_p$	$\frac{\Delta d}{\Delta L} \leq 4$ mm/m

Tableau IV. 2 Limite da la variation de divers[9]

Il en résulte pour la longueur de raccordement L_{min} :

$\mathbf{L_{min}} = \frac{dp * Vmax}{180}$ et exceptionnellement $\mathbf{L_{min}} = \frac{dp * Vmax}{216}$

[8]Référentiel SNTF
[9]Référentiel SNTF

IV.2.3.2 Variation de l'insuffisance de dévers dans le raccordement

Si le train dépasse sa vitesse d'équilibre, les passagers subissent les conséquences de la force centrifuge non compensée en raison d'un dévers insuffisant. Dans un raccordement parabolique cette force augmente de manière progressive ce qui oblige les passagers à s'adapter progressivement de manière idéale à cette insuffisance constante dans la courbe. La variation d'insuffisance, note "ΔI", est mesurée en mm/s par :

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(\Delta I)}{\frac{\Delta t}{v}} \text{ en m/s} \quad => \quad \Delta t = \frac{3.6 * Lrp}{V} \quad => \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I * V}{Lrp * 3.6}$$

Limite da la variation de l'insuffisance de dévers

Valeur limite normale	**75 mm/s**
Valeur limite exceptionnelle	**90mm/s**

Tableau IV. 1 Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements[10]

IV.2.4 Les doucines

C'est un raccordement circulaire utilisé pour limiter l'accélération du mouvement de roulis au changement de pente du rail haut et pour assurer le confort et éviter le choc lors de passage de trains entre les pentes du rail haut centré sur le point de rupture de pente (ORP ou FRP).

L'emploi des doucines

Lorsque les trains de voyageurs ont une vitesse égale ou supérieure à 60 km/h, et qu'il y a une variation considérable du dévers, les doucines sont obligatoires (supérieure à $60/V$).

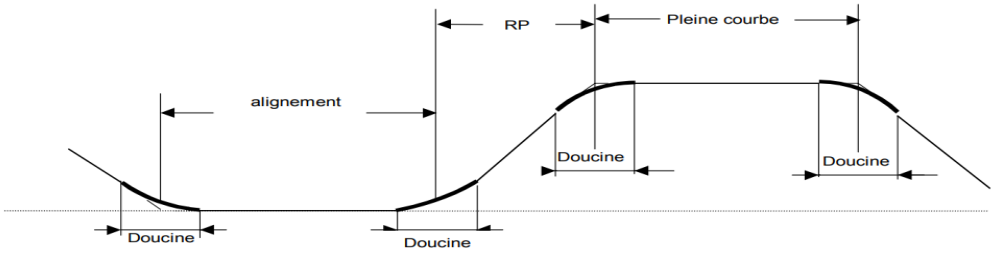


Figure IV. 1 Les éléments de tracé en plan[11]

[10]Référentiel SNTF
[11]Page 18 IN 0272

IV.2.5 Longueur minimale des éléments de tracé

Doit être respectée les longueurs minimales des alignements dans les différentes positions indiquer comme le tableau suivant :

Courbes avec RP et doucines		Courbes avec RP sans doucines		Courbes sans RP	
Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle	Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle	Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle
$\frac{Vmax}{2}$ =60m	$\frac{Vmax}{3}$ =40m	$\frac{Vmax}{3}$ =40m	$\frac{Vmax}{5}$ =24m	$\frac{Vmax}{3}$ =40m	$\frac{Vmax}{5}$ =24m

Tableau IV. 1 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes[12]

IV.3 Application au projet

- **Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF)**

	Normale	Exceptionnelle
Dévers max	160 mm	180 mm
Excès de dévers	110 mm	130 mm
Insuffisance de dévers maximum	150 mm	160 mm
Variation de de l'insuffisance de dévers	$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ =75mm/s	$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ =90mm/s
Variation de dévers par rapport la longueur $\Delta d_p/\Delta L$	1.5 mm/m	1.8 mm/m
Variation de dévers en fonction du temps $\Delta d_p/\Delta t$	50 mm/s	60 mm/s

Tableau IV. 2 Paramètres géométriques du tracé

- **Détails de calcule le rayon minimal**

$$\mathbf{d(Rmin)}=\frac{Emax*Vv^2*Imax*Vm^2}{Vv^2-Vm^2} = \mathbf{318\ mm} > \text{dmax (SNTF)} = 160\text{mm}$$

Alors en prend **dmax = 160mm**

$$\mathbf{Rmin}=\frac{11.8*Vv^2}{Imax+dp} = 548.13\ \text{m.}$$

[12]REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

- **Le coefficient de dévers**

C= 0.006* $Vmax^2$=> C= 0.006 * 120^2= **86.4**

La valeur de C doit être multiple de 15 et doit répondre à la relation suivante :

0.5 < $\frac{C}{0.0118*Vmax^2}$ ≤ 0.7, alors dans ce cas on prend **C = 90**

- Calculons d_p correspond à R=600 m : $d_p = \frac{1000*90}{600}$ = **150 mm** < d_p max =160 mm Vérifiée

- **Application au projet pour R6 = 900 m**

- Dévers théorique :

$$\mathbf{d_{th}= \frac{11.8*Vmax^2}{R} = \frac{11.8*120^2}{900} \Rightarrow d_{th}=188.8mm}$$

- Le dévers pratique

$$\mathbf{d_p= \frac{1000*C}{R} = \frac{1000*90}{900} \Rightarrow d_p=100mm}$$

-Vérification de dévers pratique : **0.5* dth**=70.8 < **dp = 100mm** < **0.7* dth** = 99.12 **Vérifiée**

- Insuffisance de dévers

$$\mathbf{I= d_{th} - d_p = \frac{11.8*Vmax^2}{R} - d_p} = 188.8 - 100 \mathbf{\Rightarrow I= 88.8\ mm}$$

- Excès de devers :

$$\mathbf{E = d_p - d_{th} = d_p - \frac{11.8*Vmax^2}{R}} = 100 - \frac{11.8*80^2}{900} \mathbf{\Rightarrow E= 16.09\ mm}$$

- La longueur de clothoïde

$$\mathbf{L_{rp}= \frac{dp*Vmax}{180} = \frac{100*120}{180} 66.67m.\ On\ prend :\ Lrp= 70\ m}$$

- Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur :

$$\mathbf{\frac{\Delta d}{\Delta L} = \frac{dp}{Lrp} = \frac{100}{70} \Rightarrow \frac{\Delta d}{\Delta L} = 1.43mm/m}$$

- Limite de la variation de dévers par rapport le temps :

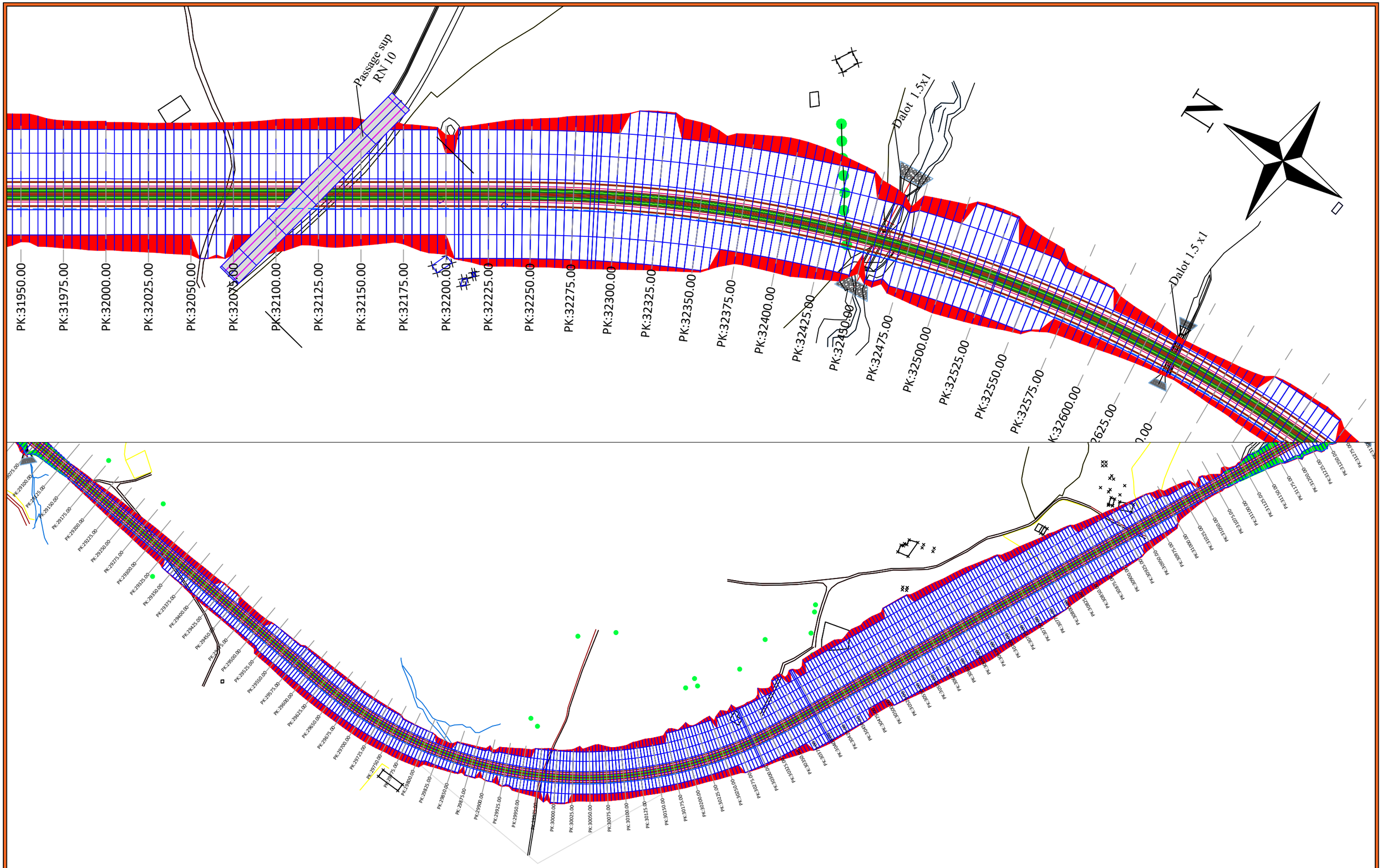
$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{\Delta d * V}{Lrp * 3.6} = \frac{100*120}{70*3.6} => \frac{\Delta d}{\Delta t} = 47.62 mm/s$$

- La variation d'insuffisance de dévers

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I * V}{Lrp * 3.6} = \frac{88.8*120}{70*3.6} => \frac{\Delta d}{\Delta t} = 42.29 mm/s$$

Rayon (m)		dth (mm)	C	C adopté	Vérification C	dp (mm)	dp adopté	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dI/dt (mm/s)
R1	600	283,2	86,4	90	0,53	150	150	133,2	24,13	100	100	1,50	44,40
R2	700	242,74	86,4	90	0,53	128,57	130	112,74	22,11	86,67	90	1,44	41,76
R3	750	226,56	86,4	90	0,53	120	120	106,56	19,31	80	80	1,50	44,40
R4	800	212,4	86,4	90	0,53	112,5	113	99,40	18,6	75,33	80	1,41	41,42
R5	880	193,09	86,4	90	0,53	102,27	103	90,09	17,18	68,67	70	1,47	42,90
R6	900	188,8	86,4	90	0,53	100	100	88,80	16,09	66,67	70	1,43	42,29
R7	990	171,64	86,4	90	0,53	90,91	92	79,64	15,72	61,33	65	1,42	40,84
R8	1000	169,92	86,4	90	0,53	90	90	79,92	14,48	60	60	1,50	44,40

Tableau IV. 10 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger **Fax :** (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz **Tel :** (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz	PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
	Etude APD countournement de Ténoukla Croisement avec la RN10 PK 35+184 Zone des grand déblai Pk 29+500 au PK 31+00	Bouzidi Aymen Abderrahmane Mentseur	Mr.Ait Khelfa Mohand Mr.Hammadi Kamel	1/2000 1/5000		2023/2024

CHAPITRE V
PROFIL EN LONG

V.1 Introduction

Le profil en long montre les défirent cote de projet (Côté terrain naturel, Côté plateforme, ligne rouge). La conception de profil en long contrôle les quantités des terrassements (déblai et remblai), les longueurs des ouvrages d'art et les tunnels, alors cette étape est tré crucial pour évaluer un projet ferroviaire en termes économiques.

V.2 Définition

- **Le profil en long du terrain naturel**

Il s'agit de représenter les altitudes de la surface du terrain naturel touchée par la ligne rouge le long du tracé en plan.

- **Le profil en long du projet**

Il représente les cote projet selon la tabulation, généralement composé de segments droits (Pente, Rampe. Palier) reliés par des courbes de raccordement vertical.

- **Déclivité**

Il représente la courbe de l'angle formé par le profil en long avec l'horizontale, désigné comme une pente pour descendre et comme une rampe pour monter.

V.3 Eléments de composition du profil en long

V.3.1 Choix des alignements droits

Les pentes, et rampes très faibles le long de la voie ferrée garantissent la sécurité, les vitesses de circulation appropriées et le confort des véhicules. La SNTF fixe une limite maximale pour les inclinaisons des segments droits. Ainsi que l'obligation de mettre le gars à un segment palier de longueur utile minimum 1200 m. En général, on utilise les déclivités maximales suivantes :

		Normale	Exceptionnel
Déclivité maximale	L<3000m	16‰	18‰
	3000m<L<15000m	16‰ à 13‰	18‰ à 15‰
	L>15000m	13‰	15‰
	Gares	0‰	0‰

Tableau V. 1 Les déclivités par rapport les longueurs selon la norme SNTF

Dans la conception du profile en long, nous essayons à optimiser aux maximum les quantités de déblai et remblai à travers le bon positionnement des segments droit a fin d'évitement les terrassements inutiles pour l'économique de projet de plus pour éviter les difficultés liées aux évacuation des eaux pluviales, il est préférable d'éviter d'introduire une pointe basse dans une zone en déblais. Dans les zones inondables, l'utilisation d'un profil en remblais est nécessaire, car le positionnement des appareils de voie ne se fait pas en déclivité.

On doit respecter la longueur minimale des alignements droits pour éviter l'instabilité de train dans les pentes et les rampes et pour assure bonne liaison entre le tracé en plan et le profil en long.

Valeur maximal normal	Valeur maximal exceptionnelle
V/2 = 60 m	V/2.5 = 48 m

Tableau V. 1 Les longueurs minimales des éléments de profile en long[13]

V.3.2 Choix des cercles

Dans chaque changement de déclivité, le train subit une accélération verticale brutale à l'extrémité du raccordement, ce qui provoque des oscillations de la suspension qui ne pas confort pour les voyageurs. Cette accélération peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\mathbf{Av} = \frac{\mathbf{V^2}}{\mathbf{3.6 * Rv}}$$

En général, si la vitesse inférieur 220 km/h, on prend la valeur maximale de cette accélération qui est de 0,22 m /s². Ce qui est considéré comme une valeur de confort acceptable. Exceptionnellement, peut-être 0,31 m /s². Alors on peut obtenir la valeur de rayon de cercle par formule précédant d'Av comme suivant : $\mathbf{R\ v} = \frac{\mathbf{V^2}}{\mathbf{(3.6)\hat{}2 * Av}}$

Mais nous ne devons pas oublier que le raccordement vertical ne peut pas être coïncidé avec les courbes de transition en plans (clothoïde) dans le tracé en plan ainsi que l'appareil de voie ne pas mettre dans les courbes verticaux.

Valeur maximal normal	Valeur maximal exceptionnelle
$0.35V^2$	$0.25V^2$

Tableau V. 2 Valeurs de Rayon vertical minimale[14]

[13] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF
[14] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

V.4 Application au projet

		Formule		Application	
		Valeur maximal normal	Valeur maximal exceptionnelle	Valeur maximal normal	Valeur maximal exceptionnelle
Déclivité maximale	L<3000m	/	/	16‰	18‰
	3000m<L<15000m	/	/	16‰ à 13‰	18‰ à 15‰
	L>15000m	/	/	13‰	15‰
	Gares	/	/	0‰	0‰
	/	$0.35V^2$	$0.25V^2$	5040	3600
	/	V/2	V/2.5	60	48

Tableau V. 1 valeurs des paramètres de profil en long

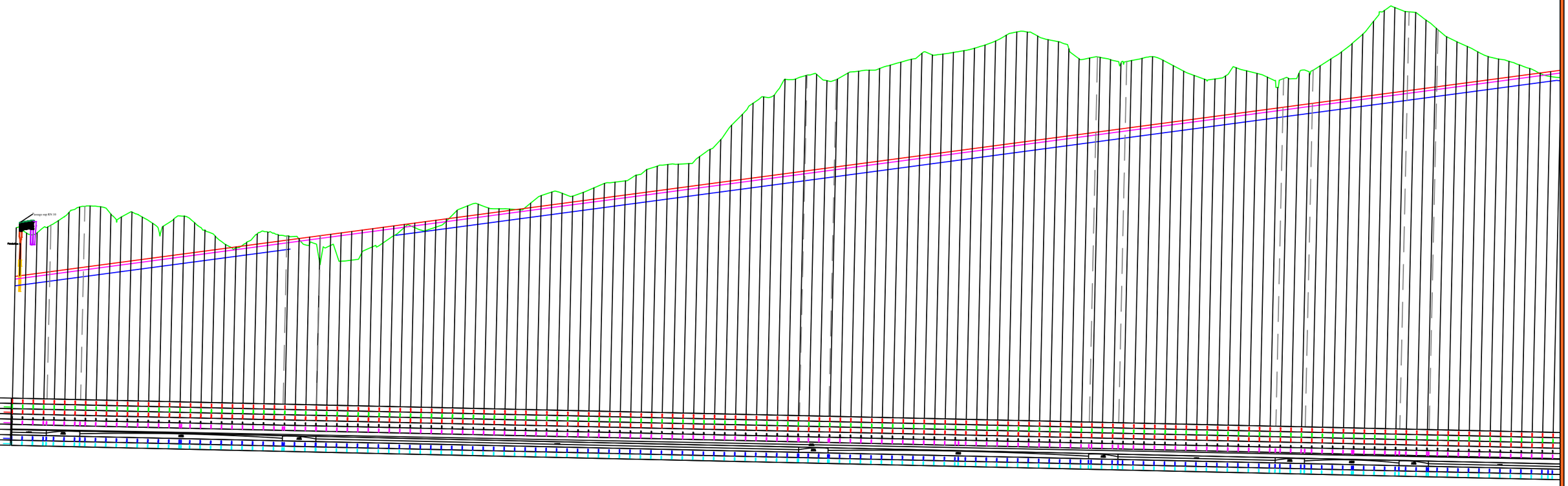
V.5 Conclusion

Le profil en long de notre tracé est un profil déblai avec quelque zone de remblai.

La rompe max est de 1.57 sur une longueur de 3.3 km

La pente max est de -1.35 % sur une longueur de 3.1 km

Une pente de 0 % a été réservé pour la gare à partir de Pk 40+415 sur une longueur de 1225 m



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD countournement de Ténoukla de PK 23+00 au PK 42+623	Bouzidi Aymen Abderrahmane Mentseur	Mr.Ait Khelfa Mohand Mr.Hammadi Kamel	H 1/1000 V 1/100	Pk 32+125 au Pk 36+125	2023 / 2024

CHAPITRE VI

ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1 Introduction

Les études hydrologiques et hydrauliques jouent un rôle essentiel dans la durabilité et le bon fonctionnement des infrastructures ferroviaires. Elles permettent d'adapter au mieux les infrastructures ferroviaires contre les crues liées aux changements climatiques et environnementaux.

Le contournement de Ténoukla traverse certains nombres de bassins versants que nous prévoyons d'étudier. La zone est caractérisée par une forte intensité qui peut provoquer des inondations à certains endroits du tracé qui ont une topographie favorable à ces catastrophes.

VI.2 Etude hydrologiques

Le projet de la ligne minière tronçon Ténoukla-Tébessa traverse deux grands bassins versants qui sont respectivement le bassin d'**oued Mellègue** et **Chott Melghir** ces deux derniers contiennent plusieurs sous-bassins, les sous-bassins concernés sont : le sous-bassin d'**oued Charbo** et le sous-bassin d'**oued Oum El Ksob**.

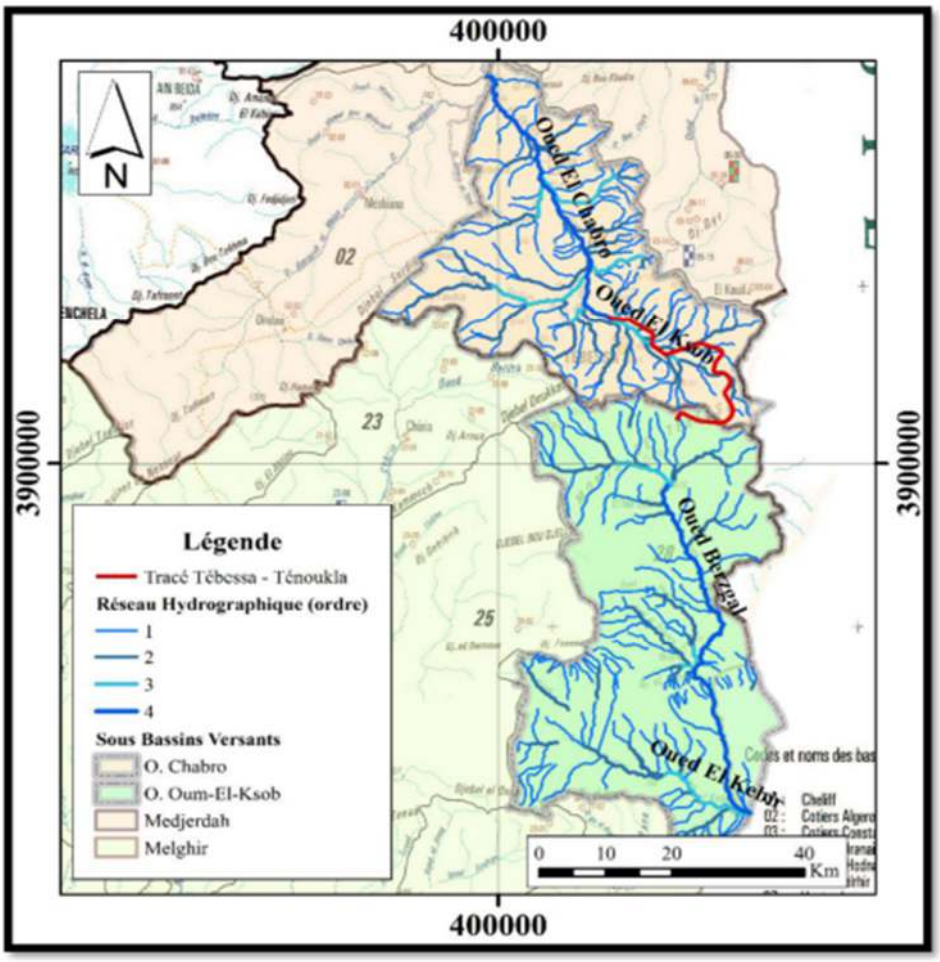


Figure VI. 1 Bassins et sous bassins traversé par le contournement de Ténoukla et leur réseau hydrologique

VI.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

Une carte d'état-major à échelle 1/50000 a été utilisé pour la délimitation des bassins versants tous en suivant les courbes de niveau afin de tracé les lignes de partage des eaux.

Le PK permet de repérer l'intersection des talwegs avec le tracé pour connaitre les positions ou il faut projeter les ouvrages hydrauliques.

Pour évaluer les débuts de crues il faut déterminer les paramètres morphologiques de bassin qui sont :

- **S** : La surface du bassin versant (km^2) ; **P** : Le périmètre de bassin (Km)
- $\mathbf{H_{max}}$: Altitude maximale(m) ; $\mathbf{H_{min}}$: Altitude minimale(m) ; $\mathbf{H_{moy}}$: Altitude moyenne(m)
- $\mathbf{L_w}$: Longueur de plus long cours d'eau (Km) ; **P** : Pente (m/m)
- $\mathbf{K_c}$: Indice de compacité ; $\mathbf{T_c}$: Temps de concentration (heure)

$$\mathbf{K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}}$$

VI.2.2 Temps de concentration T_c

La durée requise pour qu'une goutte d'eau traverse le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier. Il existe plusieurs formules pour le calcul de temps de concentration les formulent sont tous en relation avec la surface de basin parmi les on trouve :

VI.2.2.1 Formule de VENTURA

Superficie inférieure à **5 Km²**

$$\mathbf{T_c = 0.127 * \sqrt{\frac{S}{I}}}$$

Tc : Temps de concentration en heure, **S** : Surface du bassin versant en km² **I** : Pente moyenne du bassin versant en (m/m)

VI.2.2.2 Formule de PASSINI

Superficie allant de **5** à **25 Km²**

$$\mathbf{T_c = 0.11 * \frac{\sqrt[3]{S*L}}{\sqrt{I}}}$$

Tc : Temps de concentration en heure, **L :** Longueur du cours d'eau principal en km **S** : Surface du bassin versant en km², **I** : pente du bassin versant en m/m

VI.2.2.3 Formule de GIANDOTTI

Superficie supérieure à **25 Km²**

$$\mathbf{T_c} = \frac{1.5L+4\sqrt{S}}{0.8\sqrt{H}}$$

L : Longueur du cours d'eau principal en km, **S** : Surface du bassin versant en km²

H : H_{moy}- H_{min} (m).

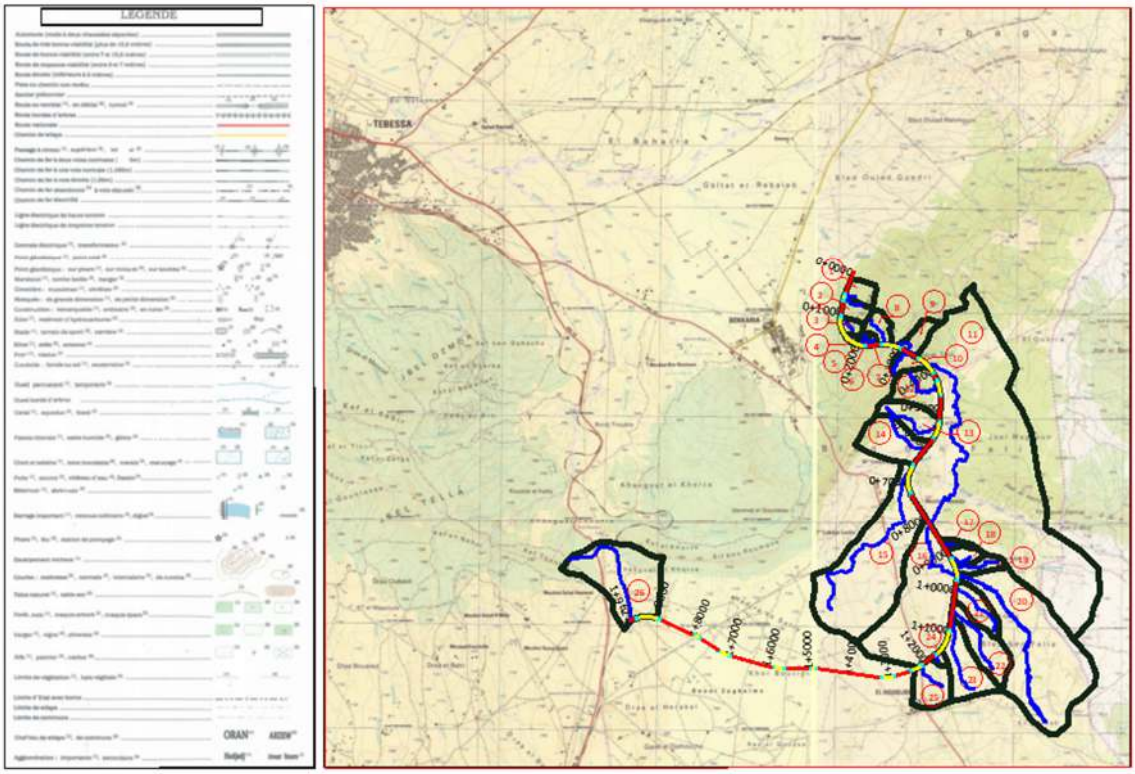


Figure VI. 2 Délimitations des bassins versants sur la carte d'états major

BV	*PK*	*S*	*P*	*L*	*Kc*	*Hmax*	*Hmin*	*Hmoy*	*I*	*Temps de concentration*	
N°		(km2)	(Km)	(Km)		(m)	(m)	(m)	(m/m)	Tc(h)	Formule utilisée
1	**23+616**	0.36	2.42	0.26	1.13	993	948	970.5	0.17	0.18	VENTURA
2	**23+620**	0.32	2.32	0.50	1.15	1041	951	996	0.18	0.17	VENTURA
3	**24+329**	0.20	1.80	0.37	1.13	1030	960	995	0.19	0.13	VENTURA
4	**24+731**	0.05	0.92	0.09	1.15	1011	985	998	0.30	0.05	VENTURA
5	**25+180**	0.04	0.86	0.13	1.20	1009	985	997	0.18	0.06	VENTURA
6	**25+296**	0.04	0.92	0.29	1.29	1046	985	1015.5	0.21	0.06	VENTURA
7	**25+329**	0.06	1.03	0.18	1.18	1010	986	998	0.13	0.09	VENTURA
8	**25+600**	0.40	2.75	0.79	1.22	1093	986	1039.5	0.14	0.21	VENTURA
9	**26+348**	42.40	35.40	13.50	1.38	1223	971	1097	0.02	5.15	GIANDOTTI

10	**26+611**	42.00	32.40	12.64	1.40	1223	981	1102	0.34	5.10	GIANDOTTI
11	**26+828**	41.44	32.00	12.41	1.39	1223	996	1109.5	0.02	5.20	GIANDOTTI
12	**27+369**	0.99	4.34	1.17	1.22	1118	1014	1066	0.09	0.42	VENTURA
13	**28+398**	0.85	4.08	1.67	1.24	1161	1026	1093.5	0.08	0.41	VENTURA
14	**29+020**	1.32	4.82	1.33	1.17	1108	1036	1072	0.05	0.65	VENTURA
15	**29+809**	5.58	11.34	4.91	1.34	1148	1055	1101.5	0.02	2.34	PASSINI
16	**31+270**	15.67	21.46	6.66	1.52	1222	1060	1141	0.02	3.66	PASSINI
17	**31+780**	0.07	3.07	0.62	3.25	1127	1092	1109.5	0.06	0.14	VENTURA
18	**32+183**	0.29	2.32	0.54	1.21	1127	1100	1113.5	0.05	0.31	VENTURA
19	**32+472**	0.36	2.99	1.13	1.40	1154	1100	1127	0.05	0.34	VENTURA
20	**32+635**	6.20	11.81	4.76	1.33	1223	1098	1160.5	0.03	1.96	PASSINI
21	**32+980**	0.71	3.88	1.52	1.29	1175	1100	1137.5	0.05	0.48	VENTURA
22	**33+440**	1.17	5.58	1.92	1.44	1175	1107	1141	0.04	0.69	VENTURA
23	**33+661**	1.36	5.80	2.01	1.39	1204	1122	1163	0.04	0.74	VENTURA
24	**34+756**	0.09	1.20	0.18	1.12	1151	1142	1146.5	0.05	0.17	VENTURA
25	**35+117**	0.92	3.74	0.80	1.09	1155	1144	1149.5	0.01	1.22	VENTURA
26	**42+617**	2.95	9.05	3.04	1.48	1192	1142	1167	0.02	1.54	VENTURA

Tableau VI. 1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

VI.2.3 Caractéristiques climatiques et pluviométriques

VI.2.3.1 Température

La région étudiée a un climat méditerranéen, avec un été chaud et un hiver froid. À la station de Tébessa, les températures moyennes mensuelles varient entre 7.1°C et 27.9°C enregistrées en janvier entre 1980 et 2022.

Température	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
Tébessa	7.1	7.3	10.7	15.03	18.8	24.2	27.9	26.7	22.6	17.9	12	7.9	16.5

Tableau VI. 2 Température moyenne mensuelle entre 1980-2022

VI.2.3.2 Zones bioclimatiques

L'Est algérien est caractérisé par un climat diversifié au Nord on trouve le climat méditerranéen, dans le sud on trouve le climat désertique. L'intérieur combine les deux grâce à cette combinaison pluviothermique, on peut établir les zones bioclimatiques suivants :

- Forte humidité de l'air (pluviométrie annuelle dépassant 900 mm)
- Subhumide (P > 600 mm environ) ;
- Semi-aride (300-350 < P < 550-600 mm, net déficit hydrique) ;
- Subaride (P < 350 mm, nombre de mois secs > nombres moins humides) ;
- Aride (P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs).

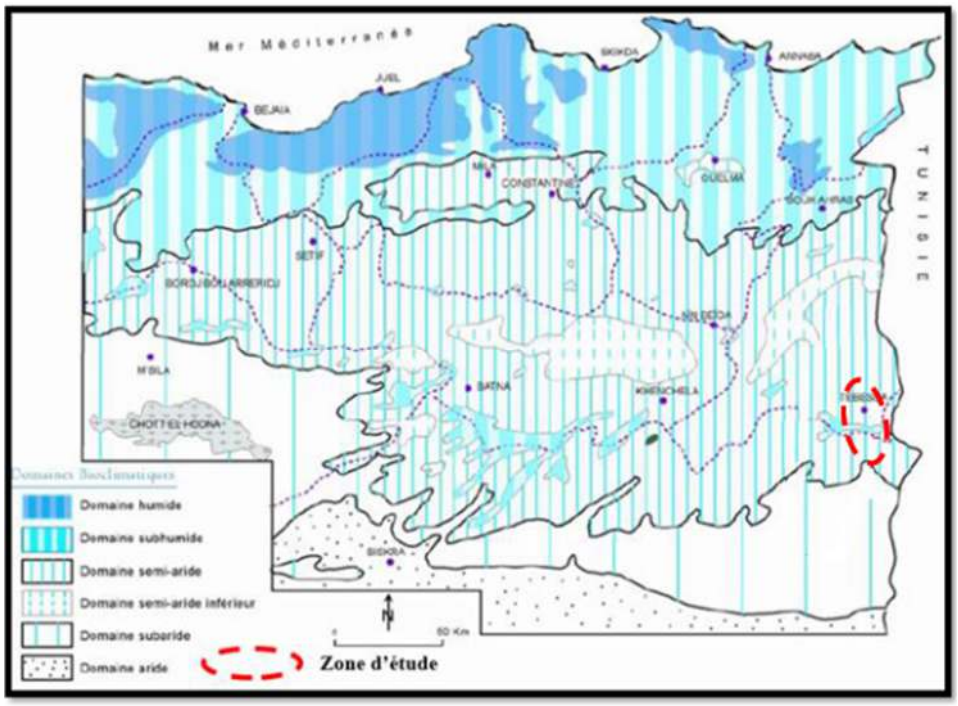


Figure VI. 3 Carte des zones bioclimatiques de l'Est algérien

Cette carte indique que la zone d'étude est caractérisée par un climat subhumide à subaride.

VI.2.3.3 Les précipitations

Les données relatives à la région d'étude ont été collectées auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R. H) et de l'Office National de la météorologie (O.N.M).

Après l'analyse et l'ajustement des donnés mesuré au niveau de la station hydro climatique de Tébessa nous avons reconstitué les valeurs des pluies annuelles et journalière.

Station	X (Km)	Y (Km)	Y (Km)
Tébessa	**991.9**	**247 .2**	

Tableau VI. 3 Les coordonnées de la station hydro climatiques

VI.2.3.3.1Les pluies annuelles

Période de retour (ans)	**10**	**20**	**50**	**100**
Fréquence	**0.9**	**0,95**	**0.98**	**0.99**
Tébessa (mm)	**496**	**560**	**642**	**704**

Tableau VI. 4 Valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies

VI.2.3.3.2Les pluies journalières

Période de retour (ans)	*10*	*20*	*50*	*100*
Fréquence	*0.9*	*0,95*	*0.98*	*0.99*
Tébessa (mm)	*55.49*	*63.9*	*74.78*	*82.93*

Tableau VI. 5 Pluies maximales journalières pour chaque fréquence (mm)

VI.3 Etude hydraulique

VI.3.1 Calcul de l'intensité de l'averse

La recherche de la loi Intensité - Durée - Fréquence se fait en se basant sur les enregistrements pluviographiques, nous avons choisi une valeur maximale par averse pour chaque pas de temps. Nous avons donc obtenu une série de données pour chaque pas de temps sur toute la période étudiée. La relation entre l'intensité, la durée et la fréquence recherchée est de la forme suivante : $I(t, T) = a(T)T_c^{-b}$

I (t, T) : Intensité de pluie en mm/h ; **T** : période de retour

$\mathbf{T_c}$: temps de concentration en heures ; **a** et **b** : paramètres de Montana.

Tébessa (Ténoukla)	**b**	**a**			
		Période de retour T(ans)			
		10	**20**	**50**	**100**
	0.76	**28.7**	**31.1**	**38.9**	**43.2**

Tableau VI. 6 Paramètres climatiques de Montana

VI.3.2 Calcul des débits de crue

La détermination du débit maximum d'un cours d'eau est d'une grande utilité car elle permet d'éviter les effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques. Pour évaluer les débits max des bassins versants aux sites des franchissements les plus importants, des formules empiriques ont été utilisées tell que la formule **rationnelle** pour les surfaces ≤ **25 Km²**
et pour les surfaces entre **25 km²** et **60 km²** la formule doit être tester

Formule rationnelle : $\boldsymbol{Qmax = 0.2778 \times Cr \times I \times S}$

Q max : débit de crue de période de retour voulue (m^3/s)**, Cr** : coefficient de ruissellement

I : Intensité de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h),

S : superficie du bassin versant (Km^2).

- **Le coefficient de ruissèlement C_r**

Le coefficient de ruissellement est un critère utilisé en hydrologie pour évaluer la quantité d'eau qui passe d'une surface imperméable à une autre après une pluie. Il est habituellement mesuré en pourcentage et varie en fonction de la nature du sol, de la pente du terrain, de l'occupation du sol.

Pour déterminer le coefficient de ruissellement, nous avons choisi la méthode de KENESSEY.

$$\boldsymbol{C_r = C1 + C2 + C3}$$

- Coefficient C1 : dépendant de la pente du court d'eau principale

  - De 0.01 - 0.05 : Pente < 3.5 % ;

  - De 0.06 - 0.1 : 3.5 % < Pente < 11 % ;

  - De 0.12 - 0.2 : 11 % < Pente < 35% ;

  - De 0.22 - 0.3 : Pente >35 %.

- Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)

  - De 0.22 – 0.3 pour les terrains imperméables ;

  - De 0.1 – 0.2 : pour les terrains pas assez perméables ;

  - De 0.06 – 0.1 pour les terrains perméables ;

  - De 0.06 – 0.05 pour les terrains très perméables.

- Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

  - De 0.22 – 0.3 pour les terrains rocheux ;

  - De 0.17 – 0.25 pour les Pré ;

  - De 0.07 – 0.15 pour les champs labour ;

  - De 0.03 – 0.05 pour les forêts et les sols sableux.

- **Application au projet**

BV N°	**PK**	**S**	**P**	**L**	**Kc**	**Hmax**	**Hmin**	**Hmoy**	**I**
		(km2)	(Km)	(Km)		(m)	(m)	(m)	(m/m)
1	**23+616**	0.36	2.42	0.26	1.13	993	948	970.5	0.17

S= 0.36 ≤ **5 Km²**; **T_c= 0.127** $* \sqrt{\frac{S}{I}}$ **=0.18 h**;

Pour **T**=100ans **a**=43.2 ; **b**=0.76 ; **I_{100}** = a (T)T_c^{-b} **=159 mm/h C**

C_r : Pente 11% ≤ P ≤ 35% C1=0.13 ; Terrain pas assez perméable C2=0.1

Terrain rocheux C3=0.22 donc **C_r=0.55 ; Q=0.2778C_rIS=8.74 m³/s**

BV N°	PK	S	Tc	I(mm/h)			Cr	Q(m3/s) rationnelle		
		(Km²)	(h)	10 ans	50 ans	100 ans		10 ans	50 ans	100 ans
1	**23+616**	0.36	0.18	105.65	143.2	159.03	0.55	5.39	7.30	8.74
2	**23+620**	0.32	0.17	110.34	149.56	166.09	0.51	5.63	6.78	7.53
3	**24+329**	0.20	0.13	135.30	183.38	203.65	0.40	6.90	4.08	4.53
4	**24+731**	0.05	0.05	279.68	379.08	420.98	0.51	14.26	2.69	2.98
5	**25+180**	0.04	0.06	243.49	330.03	366.51	0.25	12.42	0.92	1.02
6	**25+296**	0.04	0.06	243.49	330.03	366.51	0.25	12.42	0.92	1.02
7	**25+329**	0.06	0.09	178.92	242.51	269.31	0.25	9.13	1.01	1.12
8	**25+600**	0.40	0.21	93.97	127.37	141.45	0.51	4.79	7.22	8.02
9	**26+348**	42.40	5.15	8.26	11.19	12.43	0.40	0.42	52.72	58.56
10	**26+611**	42.00	5.10	8.32	11.28	12.52	0.38	0.42	50.01	55.51
11	**26+828**	41.44	5.20	8.20	11.11	12.34	0.38	0.42	48.60	53.98
12	**27+369**	0.99	0.42	55.49	75.21	83.52	0.40	2.83	8.27	9.19
13	**28+398**	0.85	0.41	56.52	76.6	85.07	0.40	2.88	7.24	8.04
14	**29+020**	1.32	0.65	39.82	53.97	59.93	0.30	2.03	5.94	6.59
15	**29+809**	5.58	2.34	15.04	20.39	22.64	0.38	0.77	12.01	13.34
16	**31+270**	15.67	3.66	10.71	14.51	16.12	0.38	0.55	24.00	26.67
17	**31+780**	0.07	0.14	127.89	173.34	192.5	0.40	6.52	1.35	1.50
18	**32+183**	0.29	0.31	69.90	94.74	105.21	0.40	3.57	3.05	3.39
19	**32+472**	0.36	0.34	65.16	88.31	98.08	0.40	3.32	3.53	3.92
20	**32+635**	6.20	1.96	17.21	23.33	25.9	0.38	0.88	15.27	16.95
21	**32+980**	0.71	0.48	50.13	67.95	75.46	0.40	2.56	5.36	5.95
22	**33+440**	1.17	0.69	38.05	51.57	57.27	0.46	1.94	7.71	8.56
23	**33+661**	1.36	0.74	36.08	48.9	54.31	0.46	1.84	8.50	9.44
24	**34+756**	0.09	0.17	110.34	149.56	166.09	0.40	5.63	1.50	1.66

25	**35+117**	0.92	1.22	24.67	33.44	37.14	0.46	1.26	3.93	4.37
26	**42+617**	2.95	1.54	20.67	28.02	31.11	0.46	1.05	10.56	11.73

Tableau VI. 7 Résultats de calcul de débit de pointe

VI.3.3 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques transversales

- **La méthode de MANNING STRICKEL**

$$\mathbf{Qs=V.Su} \text{ et } \mathbf{V=K_s.\ J^{1/2}.\ Rh^{2/3}}$$

K_s : coefficient de rugosité ; **I** : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m) ;

R_h : rayon hydraulique = $\frac{section\ mouillée}{périmètre\ mouillé}$;

Su : section utile de l'ouvrage b x Hu (m²) ; **b** : largeur de l'ouvrage (m) ;

Hu : hauteur utile (m) ;

Nature de l'ouvrage	**Béton (dalot)**	**Béton (buse préfabriquée)**
Ks	**70**	

Tableau VI. 8 Valeur de Ks

- **Prédimensionnement des ouvrages**

Le taux de remplissage($r_q=Q_{100}/Q_{ps}$) recommandé varié entre 70% et 80%

Pour les dalots

$$Q_{100}=Ksx\frac{(bxHt)^{5/3}}{(b+2Ht)^{2/3}}x\sqrt{I}$$

Pour résoudre cette équation on donne une valeur de b et on trouve h par itérations

La condition d'arrêt et le suivant $Ht_{i+1}-Ht_i < 10^{-3}$

Pour les buses

$$Q_{100}= k_s\times \pi\frac{D^2}{4}\times(\frac{D}{4})^{2/3}\times\sqrt{I}$$

$$D=(\frac{Q100}{Ks\times\pi\times0.25^{5/3}\times\sqrt{I}})^{3/8}$$

La vitesse limite d'écoulement est fixé à V_L = 4.45 m/s

BV N°	PK	Q(m3/s)	I	Ouvrages prévus	Qps	Vps	rq	Rh	Rv	Q= 0.1Qps	Q=0.01 Qps	V	V< V_L
		100 ans	%		m3/s	m/s	Q/Qps	Hu/Ht	V/Vps	V > 0.6m/s	V> 0.3m/s	m/s	m/s
1	23+616	8.74	Déverser dans l'OA de PK23+525 au Pk23+675										
2	23+620	7.53	Déverser dans l'OA de PK23+525 au Pk23+675										
3	24+329	4.53	0.5	Dalot 1.5x1.5	7.02	3.12	0.65	0.59	1.06	2.00	1.00	3.31	Ok
4	24+731	2.98	0.5	Dalot 1.5x1	4.22	2.81	0.71	0.62	1.08	1.80	0.90	3.05	Ok
5	25+180	1.02	0.5	Buse φ1000	1.55	1.98	0.66	0.59	1.07	1.27	0.63	2.11	Ok
6	25+296	1.02	Déverser dans l'OA de PK25+225 au PK26+075										
7	25+329	1.12	Déverser dans l'OA de PK25+225 au PK26+075										
8	25+600	8.02	Déverser dans l'OA de PK25+225 au PK26+075										
9	26+348	58.56	Déverser dans l'OA de PK26+200 au PK26+950										
10	26+611	55.51	Déverser dans l'OA de PK26+200 au PK26+950										
11	26+828	53.98	Déverser dans l'OA de PK26+200 au PK26+950										
12	27+369	9.19	0.6	Dalot 2x1.5	11.57	3.86	0.79	0.67	1.11	2.47	1.24	4.28	Ok
13	28+398	8.04	0.5	Dalot 2x1.5	10.56	3.52	0.76	0.65	1.10	2.25	1.13	3.87	Ok
14	29+020	6.59	0.7	Dalot1.5x1.5	8.3	3.69	0.79	0.65	1.10	2.36	1.18	4.06	Ok
15	29+809	13.34	0.3	Dalot 3x2	20.76	3.46	0.64	0.58	1.06	2.21	1.11	3.66	Ok
16	31+270	26.67	0.3	Dalot 3x3	34.51	3.83	0.77	0.66	1.10	2.45	1.23	4.22	Ok
17	31+780	1.5	0.4	Buse φ1000	2.13	2.13	0.70	0.62	1.08	1.36	0.68	2.30	Ok
18	32+183	3.39	0.5	Dalot 1.5x1	4.22	2.81	0.80	0.68	1.11	1.80	0.90	3.12	Ok
19	32+472	3.92	0.7	Dalot 1.5x1	4.99	3.33	0.78	0.67	1.11	2.13	1.07	3.68	Ok
20	32+635	16.95	0.4	Dalot 3x2	23.97	3.99	0.71	0.62	1.08	2.55	1.28	4.33	Ok
21	32+980	5.95	0.6	Dalot 1.5x1.5	7.96	3.42	0.77	0.66	1.10	2.19	1.09	3.77	Ok
22	33+440	8.56	0.6	Dalot 2x2	11.77	3.86	0.74	0.64	1.09	2.47	1.24	4.22	Ok
23	33+661	9.44	0.4	Dalot 2x1.5	13.51	3.38	0.70	0.62	1.08	2.16	1.08	3.65	Ok
24	34+756	1.66	0.4	Buse φ1000	2.13	2.13	0.78	0.67	1.11	1.36	0.68	2.36	Ok
25	35+117	4.37	0.4	Dalot 1.5x1.5	6.28	2.79	0.70	0.62	1.08	1.79	0.89	3.02	Ok
26	42+617	11.73	0.2	Dalot 3x2	16.95	2.82	0.69	0.61	1.08	1.80	0.90	3.04	Ok

Tableau VI. 9 Dimensions des ouvrages de drainage

VI.3.4 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques longitudinale

Les dispositifs de drainage longitudinaux sont utilisés pour drainer les eaux de pluie s'écoulent sur la plate-forme à travers la structure d'assise, les eaux de ruissellement provenant des talus et des bassins versants.

$$Q_{20} = 0.278 \times C_r \times I_{20} \times A \text{ avec } I_{20} = a \times t_c^{-b}$$

$\mathbf{C_r}$ = 0.9 pour la plateforme ; $\mathbf{C_r}$= 0.7 pour le talus

$\mathbf{T_c}$: Le temp de concentration et majoré à 0.25 h ; $\mathbf{I_{20}}$: Intensité de pluie (a= 31.1, b=0.76)

A : Surface active de la Plate-forme de la voie ou talus (en km²)

$$Q_{20} = Q_{\text{plateforme}} + Q_{\text{talus}}$$

On utilise la formule de Manning-Strickler pour le dimensionnement des fossés dans le cas de déblai et de remblai le plus défavorable.

$$\mathbf{Q_s} = Ks \times Rh^{2/3} \times Sm \times I^{1/2}$$

-La surface moullé : **Sm**= (b+z.h) h

-Le périmètre moullé :$\mathbf{Pm} = b + 2h\sqrt{1+z^2}$

- **I** : Pente (m/m)

-Le rayon hydraulique $\mathbf{R_h}=\frac{Sm}{Pm}$

-K_s :70 bétons coulé sur place

-**z** : la pente des bergs de fossé 3/2(V/H)

VI.3.5 Application au projet

Cas déblai

Longueur :2400 m

H $_t$:26.5 m

Largeur de la plateforme :6.8 m

Cas remblai

Longueur :330 m

H $_t$=12 m

Largeur de la plateforme :6.8 m

Débit talus

Cas	Cr	I_{20}(mm/h)	A(km2)	P (%)	Q(m3/s)
Déblai	**0.7**	**89.2**	**0.0448**	**1.56**	**0.78**
Remblai	**0.7**	**89.2**	**0.0024**	**1.57**	**0.04**

Tableau VI. 10 Débit talus

Débit plateforme

Cas	Cr	I_{20}(mm/h)	A(km2)	P (%)	Q(m3/s)
Déblai	**0.9**	**89.2**	**0.01632**	**1.56**	**0.36**
Remblai	**0.9**	**89.2**	**0.0022**	**1.57**	**0.05**

Tableau VI. 11 Débit plateforme

$$Q_{20} < Q_s$$

b	h	z	PL	Qps	Q_{20}	V_{ps}	r_q	r_h	r_v	V
m	m	m/m	%	m3/s	m3/s	m/s	Q20/Qps	Hu/Ht	V/Vps	m/s
0.5	0.50	1.5	0.1	2.45	1.14	3.92	0.46	0.476	0.978	3.83

Tableau VI. 12 Les dimensions de fossé

Pour les conditions d'auto curages $Q = 0.1Q_{ps}$ $V=0.64*V_{ps}=2.5$ m/s > 0.6 m/s

$Q=0.01Q_{ps}$ $V=0.32*V_{ps}=1.25$ m/s >0.3 m/s

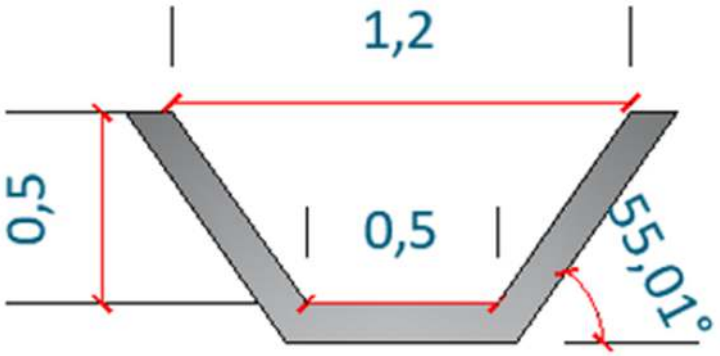


Figure VI. 4 Dimensions de fossé

VI.4 Conclusion

Il est important de mener une étude hydraulique de qualité, néanmoins l'absence d'entretien va réduire la capacité des ouvrages hydrauliques. Afin de garantir le bon fonctionnement des ouvrages, il est indispensable d'assurer une surveillance et un entretien permanents.

CHAPITRE VII
ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

VII.1 Introduction

La reconnaissance géologique et géotechnique est une étape très importante dans les projets d'infrastructures ferroviaires, car elle permit de connaitre l'histoire géologique et la géomorphologie de la zone d'étude ce qui est nécessaire pour le dimensionnement de l'assise ferroviaire et l''étude de stabilité qui vient après.

VII.2 Géologie

VII.2.1 Contexte géologique de la zone

La zone d'étude est caractérisée par la présence de dépôts continentaux qui font partie de la structure autochtone nord-Auresienne (Aurès) et de l'Atlas Saharien, la plupart de ces sédiments proviennent des bordures escarpées (calcaire, marne, grès), il y a aussi les gros cailloutis, les galets de calcaire et les limons argileux très fins des oueds.

VII.2.1.1 Les familles géologiques dans la zone

On peut grouper les familles qui forme la lithologie de la zone d'étude de la façon suivante :

- Alluvions plus au moins caillouteuses de Piedmont
- Calcaire et marno-calcaire de Turonien moyen et de Turonien inférieur
- Argiles rouges de quaternaire, Argiles bariolées gypseuses de Trias
- Séries gréseuse continentale de Miocène moyen et inférieur

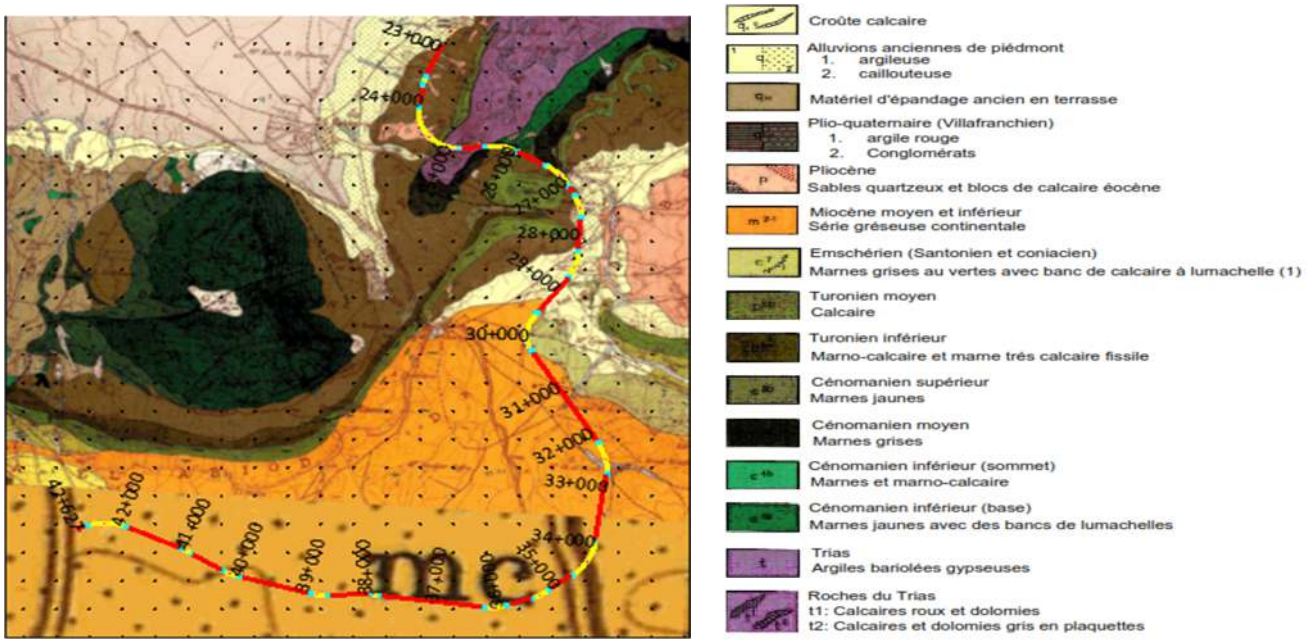


Figure VII. 1 Tracé sur carte géologique

VII.2.1.2 Sismicité de la zone

D'après la carte de zonage sismique algérienne, la wilaya de Tébessa est classée en zone sismique I (sismicité faible) et selon le RPOA 2008, les ouvrages sont classés dans le groupe 1 et avec un coefficient d'accélération sismique A égal à 0,15.

Concernant la stabilité des talus le calcul se fait par un calcul statique équivalent.

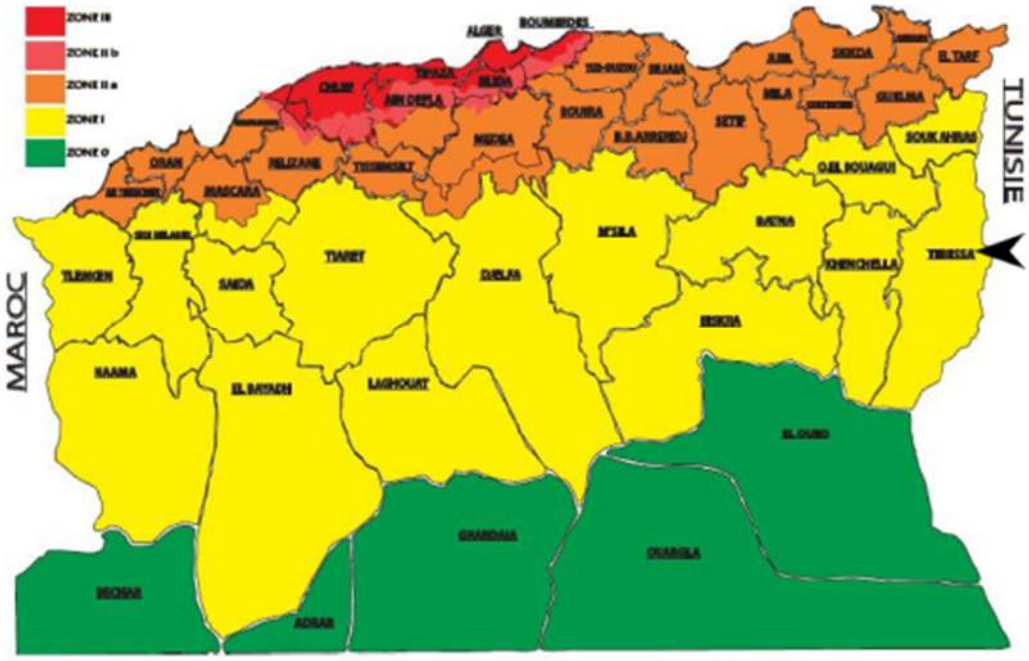


Figure VII. 2 Carte des zones sismiques en Algérie selon RPOA 2008

Groupe de ponts	Zone sismique			
	Zone I	**Zone II.a**	**Zone II.a**	**Zone III**
1	**0.15**	**0.25**	**0.3**	**0.4**
2	**0.12**	**0.2**	**0.25**	**0.3**
3	**0.1**	**0.15**	**0.2**	**0.25**

Tableau VII. 1 Coefficient d'accélération A des zones

VII.3 Etude géotechnique

VII.3.1 Introduction

Les études géotechniques sont nécessaires dans les projets de la voie ferrée pour garantir la stabilité des ouvrages à travers la détermination des caractéristiques physiques et mécaniques des sols traversé pour les mieux adaptés aux risques géologiques.

VII.3.1.1 Programme d'investigation géotechnique

Grâce à une analyse approfondie de notre tracé du PK 23 au PK 43 en planimétrie et en altimétrie, ainsi qu'à l'aperçu géologique du site, nous avons pu établir un programme de reconnaissance adéquate, le tableau ci-dessous présente de manière claire la liste des essais que nous proposons. Il est impératif de prendre les échantillons en laboratoire.

Le programme géotechnique est réparti sur les lots suivant :

1)Lot plate-forme (ouvrage hydraulique + sol support) 2) Lot ouvrage d'art

3) Lot gite d'emprunt

Lot plateforme				
Essais	Pk	ouvrages	Profondeur	symbole
Sondage carottier +SPT	23+025	remblai	15	SC1+SP1
Sondage carottier +SPT	24+800	Déblai	30	SC2
Puit de reconnaissance + PDL	28+400	remblai	4	PU1+PDL1
Puit de reconnaissance + PDL	29+100	remblai	4	PU2+PDL2
Sondage carottier +SPT	29+992	Déblai	12	SC3+SP2
Sondage carottier +SPT	30+500	Déblai	25	SC4
Sondage carottier +SPT	31+200	Remblai	25	SC5+SP3
Sondage carottier +SPT	32+200	Déblai	10	SC6
Sondage carottier +SPT	34+000	Déblai	25	SC7
Sondage carottier +SPT	35+090	Déblai	12	SC8+SP4
Sondage carottier +SPT	35+900	Déblai	10	SC9
Puit de reconnaissance + PDL	37+100	remblai	4	PU3+PDL3
Puit de reconnaissance + PDL	38+000	Déblai	4	PU4+PDL4
Puit de reconnaissance + PDL	39+000	remblai	4	PU5+PDL5
Sondage carottier + PDL	40+100	remblai gare	12	SC10+PDL6
Sondage carottier +SPT	41+100	Déblai	12	SC11
Lot ouvrage d'art				
Essais	Pk	ouvrages	Profondeur	
sondage pressiométrique	23+700	PS	15	SP5

Sondage carottier +SPT	25+700	OA tracé	20	SC12
Sondage pressiométrique	26+700	OA tracé	20	SP6
Sondage carottier +SPT+ sondage pressiométrique	26+917	OA tracé	15	SC13+SP7
Sondage carottier +SPT+ sondage pressiométrique	28+100	PS	12	SC14+SP8
Sondage carottier +SPT+ sondage pressiométrique	29+992	PS	12	SC15+SP9
Sondage carottier +SPT+ sondage pressiométrique	32+057	PS	12	SC16+SP10
Sondage carottier +SPT+ sondage pressiométrique	37+090	PS	12	SC17+SP11
Sondage carottier +SPT+ sondage pressiométrique	40+632	PS	12	SC18+SP12
Lot gite d'emprunt				
Puit de reconnaissance	39+000		jusqu'à les couches exploitables	

Tableau VII. 2 Programme d'investigation géotechnique

la campagne d'investigation géotechnique consistera à effectuer les essai in situ suivant

(5) Puis de reconnaissance allons de 0 à 4 m

(18) Sondage carottier allons de 0 à 30 m

(8) Sondage pressiométrique allons de 0 à 30 m

(18) Essai de SPT (standard pénétration test) allons de 0 à 30 m

(6) Essai de pénétromètre dynamique lourd (PDL) jusqu'à refus

Pendant chaque essai in situ il est impératif de prendre les échantillons en laboratoire pour effectuer les essais de laboratoire suivant :

Essais d'identification du sol : analyse granulométrique et sédiment métrique, limites d'Atterberg, la teneur en eau, essai d'indice de bleu VBS, la densité spécifique.

-Des analyses chimiques en particulier des sulfates et des carbonates sont également réalisées.

Essai mécanique : essai de cisaillement à la boite (non consolidé no drainé et consolidé drainé), essai Proctor, essai œdométrique

VII.3.2 Essai in situ

VII.3.2.1 Sondage carottier

Le sondage est une méthode d'investigation du sous-sol visant à identifier les caractéristiques physiques et mécaniques du sol ou de la roche.



Figure VII. 3 Sondage carottier

Type	Sondage	Pk	Profondeur	Description lithologique
Remblai	SC1	23+025	0.00-3.00	Argile limoneux sableux, graveleux riche en précipitations carbonaté et MO
			3.00-7.00	Argile sableux, carbonaté
			7.00-11.00	Sable argileux compacte.
			11.00-15.00	Argile sableux
Déblai	SC2	24+800	0.00-0.20	terre végétale
			0.20-2.40	Dépôt alluvionnaire composer de : argile marneux et sable graveleux avec cailloux
			2.40-30.00	Marne compacte avec passage de gravier et de cailloux à partir de 12 m
Déblai	SC3	29+992	0.00-12.00	Argile limono-sablo-graveleux
Déblai	SC4	30+500	0.00-0.20	terre végétale
			0.2-5.00	Dépôt alluvionnaire composer de : argile marneux et sable graveleux avec cailloux
			5.00-12.00	Sable moyen
			12.00-25.00	Marne compacte bariolé
Remblai	SC5	31+200	0.00-0.50	terre végétale
			0.50-6.50	Dépôt alluvionnaire composer de : argile marneux et sable graveleux avec cailloux
			6.50--10.00	Marne bariolé
			10.00-20.00	Marno-Calcaire compacte
Déblai	SC6	32+200	0.00-0.20	terre végétale
			1.60-10.00	Sable consolidé
Déblai	SC7	34+000	0.00-0.50	terre végétale
			0.50-1.00	Sable argileux
			1.00-3.45	Marne
			3.45-21.00	Sable moyen
			21.00-24.00	Sable fin
			24.00-25.00	Sable moyen
Déblai	SC8	35+090	0.00-12.00	Sable fin à moyen, légèrement argileux
Déblai	SC9	35+900	0.00-0.20	terre végétale
			0.20-10.00	Sable moyen

Remblai gare	SC10	40+100	0.00-0.70	Limon sablo-argileux
			0.70-12.00	Sable moyen à fin, légèrement argileux
Déblai	SC11	41+100	0.00-0.20	terre végétale
			0.20-12	Sable consolidé
ouvrage d'art	SC12	25+700	0.00-2.00	Dépôt alluvionnaire de tuf
			2.00-20.00	Calcaire
ouvrage d'art	SC13	26+917	0.00-2.70	Argile limono-sableux
			2.70-15.00	Calcaire gréseux
Passage Sup	SC14	28+100	0.00-7.50	Argile limoneux
			7.50-12.00	Sable fin à moyen, légèrement argileux
Passage Sup	SC15	29+992	0.00-12.00	Argile limono-sablo-graveleux
Passage Sup	SC16	32+057	0.00-12.00	Sable fin à moyen, légèrement argileux
Passage Sup	SC17	37+090	0.00-0.60	Terre végétale
			0.60-2.60	Sable fin, limoneux
			2.60-4.40	Argile sableux
			4.40-7.00	Sable fin à moyen, légèrement argileux
			7.00-8.00	Argile limoneux
			8.00-11.50	Sable fin à moyen, légèrement argileux
			11.50-12.00	Argile limoneux
Passage Sup	SC18	40+632	0.00-0.80	Limon argilo-sableux
			0.80-1.30	Argile graveleux
			1.3-12.00	Sable moyen à fin, légèrement argileux

Tableau VII. 3 Implantation et description des sondages carottier

- **Interprétation des résultats**

-Du Pk 23 au Pk 32, nous observons une diversité dans la lithologie du sol où nous trouvons : argile sableux, dépôts alluvionnaires, marne compacte et calcaire.

- Du kilomètre 32 au kilomètre 43, nous observons un seul type de sol, qui est le sable de différentes tailles.

-L'épaisseur de la terre végétale varie entre 0.2 à 0.5 m

VII.3.2.2 Sondage pressiométrique

Un essai pressiométrique est une mesure in situ de la résistance du sol à la compression, l'essai est effectué à l'aide d'un pressiomètre, un appareil muni d'une membrane étanche la membrane est introduite dans le sol à l'aide d'un tube de forage, ensuite, on applique une pression à la membrane, et on mesure la déformation du sol.

Cet essai permet de mesurer le module pressiométrique EM et la pression limite Pl.

SP	Profondeur (m)	Ep (MPa)	Pl (MPa)	Em/Pl	$\overline{Ep}$ (MPa)	$\overline{Pl}$ (MPa)	$\overline{Em/Pl}$	Classe de sols RPOA
SP1	15	1,68	0,16	5,69	6,19	0,68	14,15	S3
SP2	20	13,69	1,57	0,86	75,23	3,63	2,70	S3
SP3	15	15,75	1,22	3,57	30,60	2,90	9,23	S2
SP4	12	7,63	1,07	5,98	12,03	1,40	8,61	S3
SP5	12	55,88	3,78	14,53	89,73	5,10	20,59	S2
SP6	12	93,91	4,22	0,86	122,16	6,03	23,35	S2
SP7	12	10,90	1,00	4,60	14,39	2,09	6,95	S2
SP8	12	5,30	2,07	11,95	51,26	3,03	17,58	S2

Tableau VII. 4 Résultats des essais pressiométriques

- **Interprétation des résultats**

Les mesures pressiométriques ont indiqué de faibles à fortes valeurs, avec une pression limite variant entre 0.68 MPa et 6.03 MPa, on peut observer aussi une variation du module de déformation de 2.7 MPa à 17.58 MPa, d'après les résultats, le sol est normalement consolidé à sous-consolidé classé en catégories S3 à S2 (Sol meuble à ferme) selon le RPOA 2008.

VII.3.2.3 Essai SPT (Pénétration standard)

L'essai de pénétration au carottier est recommandé pour les sols fins dont la dimension moyenne des éléments ne dépasse pas 20 mm, l'essai consiste à évaluer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier battu en profondeur d'un forage préalable. On indique le nombre de coups de mouton N requis pour enfoncer le carottier de 30 cm en fonction de la profondeur, ce nombre N indique la résistance à la pénétration.

Forage	Profondeur(m)	N_{SPT}	Observation
SC1	5.00 - 5.45	34	Dense
	10.00 - 10.10	refus	Très dense
	14.80 - 15.25	38	Dense
SC2	4.00 - 4.45	50	Très dense
	8.00 - 8.45	33	Dense
	12.00 - 12.45	47	
	16.00 - 16.45	45	
	20.00 - 20.45	43	
	24.00 - 24.45	44	
	28.00 - 28.45	47	
	30.00 - 30.45	51	Très dense
SC3	4.80 - 4.85	refus	Très dense
	10.40 - 10.85	30	Dense
SC4	4.00 - 4.45	23	Moyennement dense
	12.00 - 12.45	43	Dense

	8.00 - 8.45	38	
	16.00 - 16.45	38	
	20.00 - 20.45	46	
	24.00 - 24.45	66	Très dense
SC5	3.00 - 3.45	refus	Très dense
	6.00 - 6.45	refus	
	9.00 - 9.45	66	
	12.00 - 12.45	74	
	15.00 - 12.45	refus	
	18.00 - 18.45	refus	
SC6	3.00 - 3.45	35	Dense
	6.00 - 6.45	38	
	9.00 - 9.45	46	
SC7	3.00 - 3.45	22	Très dense
	6.00 - 6.45	refus	
	9.00 - 9.45	63	
	12.00 - 12.45	74	
	15.00 - 12.45	76	
	18.00 - 18.45	78	
	21.00 - 21.45	refus	
	24.00 - 24.45	82	
SC8	5.00 - 5.45	32	Dense
	10.00 - 10.45	33	Dense
SC9	3.00 - 3.45	21	Moyennement dense
	6.00 - 6.45	26	
	9.00 - 9.45	34	Dense
SC10	5.00 - 5.34	refus	Très dense
	9.80 - 10.00	refus	Très dense
SC11	3.00 - 3.45	47	Dense
	6.00 - 6.45	47	
	12.00 - 12.45	57	Très dense
	9.00 - 9.45	66	
SC12	4.00 - 4.45	refus	Très dense
	8.00 -8.45	refus	
	12.00 - 12.45	refus	
	16.00 - 16.45	refus	
	20.00 -20.45	refus	
SC13	5.00 - 5.13	refus	Très dense
	12.00 - 12.07	refus	
	14.80 - 15.08	refus	
SC14	5.00 - 5.45	32	Dense
	10.00 - 10.45	23	Moyennement dense
SC15	4.80 - 4.85	refus	Très dense
	10.40 - 10.85	30	Dense
SC16	5.00 - 5.45	53	Très dense

	9.85 - 10.30	57	
SC17	5.00 - 5.45	refus	Très dense
	9.90 - 10.45	refus	Très dense
SC18	5.00 - 5.22	refus	Très dense
	9.60 - 9.87	refus	Très dense

Tableau VII. 5 Implantation et description des essais SPT

VII.3.2.4 Essai pénétromètre dynamique lourd PDL

L'essai consistait à enfoncer un train de tiges avec une pointe débordante à l'extrémité inférieure dans le sol, en utilisant un battage continu, en ajoutant de la boue de forage entre la paroi de sondage et les tiges, et on note le nombre de coups requis pour permettre à la pointe de toucher les sols d'une hauteur de 10 cm.

PK	symbole	Refus(m)	R pointe (MPa)
28+400	PDL1	2.6	50
29+100	PDL2	2.2	49.5
37+100	PDL3	0.8	45
38+000	PDL4	1.4	50
39+000	PDL5	1.2	46
40+100	PDL6	1.6	49

Tableau VII. 6 Implantation et description des essais PDL

VII.3.3 Essais au laboratoire

Les essais de laboratoire sont classifiés en trois

VII.3.3.1 Essai d'identification

- **L'analyse granulométrique :** C'est l'opération qui consiste à observer la distribution des différents grains d'un échantillon de granulats en fonction de leurs caractéristiques (diamètre, poids). On peut effectuer cette analyse à la fois par tamisage Pour les diamètres > 80 µm et par sédimentation dans l'eau Pour les diamètres < 80 µm, en suivant la loi de stokes.
- **La teneur en eau(w%) :** C'est la quantité d'eau qui se trouve dans un échantillon de sol.
- **Les limites d'Atterberg :** la quantité d'eau par laquelle un échantillon de sol change de consistance (changement d'état) tel que la limite de liquidité et la limite de plasticité.
- **L'essai de bleu méthylène (VBS) :** est un essai utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sol.

VII.3.3.2 Essais d'identification chimique (sulfate ; chlorure ; carbonate ; MO)

Ces essais sont proposés pour les fondations des ouvrages, afin de terminer l'agressivité du sol vis-à-vis du béton.

VII.3.3.3 Essais mécaniques

Ces essais servent à déterminer les paramètres nécessaires pour l'études de stabilité.

- **Essai de cisaillement à la boite (non consolidé non drainé UU et consolidé drainé CD)** C'est un essai permet de déterminer les caractéristiques de résistance au cisaillement d'un sol à court et à long terme.
- **Essais œdométriques :** C'est un essai permet de déterminer les déplacements verticaux (tassement).
- **Essai Proctor modifié :** Sert à déterminer la quantité d'eau idéale des matériaux pour un compactage efficace, ce qui mène à une compacités max**.**

Les résultats des essais au laboratoire sont résumés dans le tableau suivant :

N° sondage		SC1			SC2		SC14
PK		23+0.25			24+800		26+917
profondeur (m)		1-1.5	6.5-6.8	12.5-12.8	0-2.5	7.2-7.5	1.6-2
W (%)		11.0	13.3	14.1	15.1	27	28
γd(t/m3)		1.9	1.8	1.8	1.9		
γh(t/m3)		2.1	2.1	2.1	2.2		
Sr (%)		70.1	77.5	79.1	98.6		
Analyse granulométrique	<2mm (%)	92.4	97.2	100.0	90.0	100.0	79.0
	<80µm (%)	65.8	84.4	99.5	15.0	100.0	65.0
	<2µm (%)	33.7	0.0	0.0	0.0	80.0	13.0
Limites d'Atterberg	Wl (%)	35.0	49.0	66.0		61.0	60
	Wp (%)					30.4	
	Ip (%)	12.0	30.0	43.0		30.6	31
	Ic(%)	2	1.19	1.2		1.11	1.03
cisaillement UU	C(bar)						
	φ						
cisaillement CD	C'(bar)		0.3				0.13
	φ'		30.4				41.9
Essai œdométrique	Pc(bar)		0.8	0.6			
	Cc (%)		18.6	19.9			
	Cg (%)		3.3	1.3			
Analyse chimique	Sulfate(mg/kg)	2513.2			0.1		
	Chlorure (%)	0.3			0.3		
	carbonate (%)	37.5			50.0		
	MO (%)	3.1			0.9		

Proctor	γdop (t/m3)						
	Wopt (%)				14.2		
	Sr (%)						
VBS							
Classe GTR		**A2s**	**A3s**	**A3s**	**B5s**	**A3s**	**A3s**
Classe UIC		**QS1**	**QS1**	**QS1**	**QS2**	**QS1**	**QS1**

N° sondage		**SC15**	**SC16**	**SC5**		
PK		28+100	29+992	31+200		
profondeur (m)		0-7.5	0-10	1.0-3.0	7-7.4	13.3-13.6
W (%)		13	18		15.7	0.82
γd(t/m3)		1.93	1.81		1.72	2.39
γh(t/m3)		2.18	2.13		1.99	2.41
Sr (%)		94	100		74.2	16.94
Analyse granulométries	<2mm (%)	89,00	98	67.0	100.0	48.0
	<80µm (%)	55,00	93	10.0	100.0	24.0
	<2µm (%)	27,00	60	100.0	75.0	0.0
Limites d'Atterberg	Wl (%)	28	57		58.9	38.28
	Wp (%)				29.5	19.59
	Ip (%)	13	30		29.4	18.69
	Ic(%)	1.15	1.3		1.46	2
cisaillement UU	C(bar)					
	φ					
cisaillement CD	C'(bar)	0.27	0.11			
	φ'	30.9	23			
Essai œdométrique	Pc(bar)				0.63	
	Cc (%)				20	
	Cg (%)				9.83	
Analyse chimique	Sulfate(mg/kg)			traces		
	Chlorure (%)			0.35		
	carbonate (%)			8.4		
	MO (%)			0.78		
Proctor	γdop (t/m3)					
	Wopt (%)					
	Sr (%)					
VBS						
Classe GTR		**A2s**	**A3s**	**B5s**	**A3s**	**A2s**
Classe UIC		**QS1**	**QS1**	**QS2**	**QS1**	**QS1**

N° sondage	**SC6**		**SC7**		**SC9**
PK	32+200		34+000		35+900
profondeur (m)	0.2-1.6	1.6-10	2.4-2.85	10.5-12	0-10

W (%)				35	16.38	
γd(t/m3)		1.42	1.63	1.36	1.61	1.62
γh(t/m3)		1.48	1.69	1.83		1.68
Sr (%)				95.97	65.23	
Analyse granulométrique	<2mm (%)	95.0	95.0	99		98.0
	<80µm (%)	8.0	5.0	91	99.5	5.0
	<2µm (%)	0.0	0.0	66	3.0	0.0
Limites d'Atterberg	Wl (%)			52.21		
	Wp (%)			26.17		
	Ip (%)			26.04		
cisaillement UU	C(bar)	0.11	0.06			0.05
	φ	19.29	25.28			26.12
cisaillement CD	C'(bar)					
	φ'					
Essai œdométrique	Pc(bar)			1.08		
	Cc (%)			26.11		
	Cg (%)			7.16		
Analyse chimique	Sulfate(mg/kg)	traces		0.64		0.13
	Chlorure (%)	0.21		0.31		0.21
	carbonate (%)	0.2		66.8		0.2
	MO (%)	1.36		1.25		1.2
Proctor	γdop (t/m3)					
	Wopt (%)					
	Sr (%)					
VBS						
Classe GTR		**B4s**	**B4s**	**A3s**	**B4s**	**B4s**
Classe UIC		**QS2**	**QS2**	**QS1**	**QS2**	**QS2**

N° sondage		**PU3**	**PU4**	**PU5**	**SC10**	**SC11**
PK		37+100	38+000	39+000	40+100	41+100
profondeur (m)		1.4-4	0.5-3.7	1.5-3.7	0-12	0.2-12
W (%)					4.73	3.7
γd(t/m3)					1.48	1.62
γh(t/m3)					1.55	1.68
Sr (%)						
Analyse granulométrique	<2mm (%)	90.0	99.0	98.0	100.0	100.0
	<80µm (%)	23.0	45.0	23.0	3.0	5.0
	<2µm (%)	0.0	27.0	0.0	0.0	0.0
Limites d'Atterberg	Wl (%)	21.2	31.7	26.4		
	Wp (%)	10.9	15.7	13.2		
	Ip (%)	10.3	15.9	13.2		
	C(bar)				0.08	0.08

cisaillement UU	**C(bar)**				**0.08**	**0.08**
	φ				25.54	27
cisaillement CD	C'(bar)					
	φ'					
Essai œdométrique	Pc(bar)					
	Cc (%)					
	Cg (%)					
Analyse chimique	Sulfate(mg/kg)				traces	traces
	Chlorure (%)				0.21	0.21
	Carbonate (%)				0.2	5.4
	MO (%)				0.2	0.99
Proctor	γdop (t/m3)	1.88	2.12	1.87	1.1	
	Wopt (%)	5.8	5.3	5.9	5.7	5.85
	Sr (%)	37.53	57.03	37.3		
VBS		0.4	0.46	0.6		
Classe GTR		**B5s**	**A2s**	**B5s**	**B4s**	**B4s**
Classe UIC		**QS2**	**QS1**	**QS2**	**QS2**	**QS2**

- **Interprétation des résultats**

-D'après la Classification GTR (NFP 11-300), la majorité des sols sont de la classe A3, cette classe constitue les argiles marneuses avec une proportion de 33%. Ensuite en trouve les sols de classe B4 qui sont des graves argileuses avec une proportion de 29% et enfin on trouve les sols A2 qui se compose de sable fin, d'argile, de limon et de marnes et B5 qui se compose des sables graveleux avec une proportion de 19 % pour chacune.

-D'après la fiche UIC 719 R les sols majoritaires sous le contournement de Ténoukla sont :

De PK 23 au PK 32 on trouve les sols médiocres **QS1**

De PK 32 au PK 43 on trouve les sols moyennes **QS2**

VII.3.4 Paramètre de stabilité

VII.3.4.1 Remblai

Pk H_{max}	H_{max} (m)	Forage correspondant
24+050	**12**	**SC2**
31+275	**14.6**	**SC5**

40+475	9.8	SC

Type de sol	γh (KN/m³)	Court terme		Long terme		Pressiomètre		E (bar)
		C (KPa)	φ	C' KPa	φ '	Em (bar)	Pl (bar)	
Remblai	20	5	30	5	30			50
Argile	20	35	12	39	23.6	194	13.4	58.18
Marne	21.1	175	37	129	34.2	755.6	36.2	226.7
Dépôt alluvionnaire	20.8	11	24.4	20.8	27			

Tableau VII. 7 Paramètres de stabilité des remblais

VII.3.4.2 Déblai

Pk H max	H max (m)	Forage correspondant
30+625	22.85	SC4
32+125	11.6	SC6
32+300	14.5	SC6
34+025	23	SC7

Court terme

Type de sol *Paramètre*	Marne sableuse	Sable
γ(KN/m³)	20.4	16.15
C (KPa)	33	6.5
φ	10.92	25.83

Long terme

Type de sol / *Paramètre*	**Marne sableuse**	**Sable**
γ(KN/m³)	**21**	**16.15**
C'(KPa)	**34**	**10**

Tableau VII. 8 Paramètres de stabilité des déblais

VII.4 Réutilisation des matériaux en remblai

Selon la norme NFP-11-300 les matériaux de classe A2s, A3s, B4s et B5s sont réutilisables en remblai

Si les matériaux changent d'état de s vers ts (non utilisable) on peut les humidifiés pour les rendre à son état s ou m.

VII.5 Conclusion

L'étude géologique et géotechnique nous a monter que la géomorphologie de contient deux grands classe QS1 entre le Pk 23 et Pk 32 et QS2 entre PK 32 et Pk 43

Concernant la stabilité des pentes on a deux grands déblais avec une hauteur de 23 m et deux grands remblais qui font l'objets d'une étude de stabilité dans le chapitre terrassement.

CHAPITRE VIII
ASSISE FERROVIAIRE

VIII.2 Introduction

La structure d'assise de la voie ferrée assure la répartition des charges et absorbant les vibrations lors de passage de train. La couche d'assise contient la couche de ballast et la sous-couche ces deux derniers jouent également un rôle dans la stabilisation de la voie. Les caractéristiques du sol de la plateforme avec les conditions climatiques et le trafic détermine l'épaisseur et la nature de ces couches.

VIII.2.1 Le ballast

Dans la construction des voies ferrées, on utilise du ballast qui est un matériau granulaire concassé. Le ballast est un matériau a multi-fonctionnaire :

- Il transmet les forces produites par le passage des trains au sous couche sans provoquer des déformations.
- Sa granulométrie spécifique lui permet d'assurer un drainage efficace d'eau de surface.
- Grâce à sa propriété rhéologique, il est très efficace en tant qu'amortisseur de vibrations, il dissipe l'énergie de vibration en forme de frottement entre les éléments.

Exigences de ballast :

- Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %
- Résistance à l'usure Micro-deval : ≤ 6 %
- La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm)

MAILLE (mm)	% de la masse passante
63	**100**
50	**70-100**
40	**30-65**
31,5	**0-25**
22,4	**0-3**
31,5-50	**50**

Tableau VIII. 1 Granulométrie du ballast

- Résistance à la compression : RC ≥ 1200 kg/cm²
- Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vives
- Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre. La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1.6mm ne doit pas excéder 0.5 %.

VIII.2.2 Sous – couche

La sous-couche est une couche intermédiaire entre la plateforme et le ballast. Elle a de nombreux rôles techniques importants comme la protection contre l'érosion, le gel, une bonne répartition des charges permet d'améliorer la portance avec les propriétés de vibrations et l'évacuation des eaux car elle a une pente transversale de 3 % à 5 % en général. Elle peut contenir une seule couche ou plusieurs couches, mais elle doit toujours comporter une couche de sous-ballast. Lorsque le sol support est de mauvaise qualité, On a besoin d'une couche de fondation ainsi que d'une couche anticontamination en sable avec une feuille géotextile.

VIII.2.2.1 Sous-ballast

Le sous-ballast est une couche existe toujours dans la composition de la sous-couche quel que soit la qualité de sol support En général, il est constitué de gravier propre et bien gradué (0/31.5 mm), sachant que le teneur en matériaux concassé ayant un DRG > 12 mm doit être supérieur à 30 % avec un tré bon compactage (100%OPN)

VIII.2.2.2 La couche de fondation

La couche de fondation est positionnée toujours au-dessous la couche de sous-ballast. Elle permet la circulation des engins de chantiers sans dégrader la plateforme dans la pose de la couche de sous-ballast. Alors cette couche n'est pas nécessaire si nous avons un sol support de bonne qualité. En utilise généralement dans cette couche le grave propre bien gradué de la classe (0/31,5 mm) avec un DRG > 10 mm avec un coefficient de forme A ≤25 et LA+MDE ≤ 50

VIII.3 La plateforme

VIII.3.1 Définition

La plateforme est la surface supérieure de couche qui supporte l'assise ferroviaire. En cas de remblais, elle présent la surface supérieure de couche de forme, elle peut être consistée par GNT, TVO… mais en cas de déblais selon la portance de PST, si le PST ayant une bonne portance alors la plateforme est la surface de PST, si le PST ayant une mauvaise qualité on doit ajouter une couche de forme alors la plateforme est la surface supérieure de couche de forme.

La plateforme doit satisfait une exigence liée à ses fonctions comme l'imperméabilité pour l'évacuation des eaux, elle doit être bien compacter pour la protection contre la pénétration du ballast, la répartition des charges et l'amortissement des vibrations.

Il est nécessaire de prendre en compte qu'il y a une pente transversale dans les parties de la couche d'assise pour évacuer l'écoulement des eaux à travers les assainissements. Les pentes recommandées sont les suivantes :

- 4% pour une pente normale
- 3% pour une zone désertique
- 5% pour une zone littorale

VIII.3.2 Classification des sols pour la plateforme

La qualité d'un sol dépend des deux paramètres ci-après :

1)-La nature géotechnique du sol peut être déterminée en utilisant l'identification géotechnique.

2)-Les conditions locales en rapport avec l'hydrogéologie et l'hydrologie sont jugées optimales si :

- En mesure du niveau de la nappe phréatique naturelle dans le cas des conditions climatiques défavorables ensuite nous devons être sûrs que la couche supérieure du sol doit être obligatoirement situé au-dessus de la nappe phréatique naturelle sinon en utiliser une couche rocheuse pour éviter la nappe phréatique.
- Elle n'est pas soumise à des infiltrations d'eau à travers le sol dans les différentes directions (transversale, longitudinale ou verticale), ce qui pourrait causer des dommages. Alors, on peut dire que la plateforme est en état satisfaisant.
- Il est important de choisir un drainage longitudinal avec des dimensions adéquates et un emplacement efficace pour l'excavation des eaux de pluie.

Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont considérées comme mauvaises si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas satisfaite.

En fonction des conditions ci-dessus, qu'elles soient bonnes ou mauvaises, on peut différencier les quatre classes de qualité QSi des sols énumérés dans le tableau :

QS0 : « Sols impropres » dans ce type de sols on doit faire certains renforcements pour augmenter la portance comme le remplacement du matériau sur une épaisseur bien déterminer, traitement aux liants qui les plus utilisé, et on peut utiliser le géotextile, pieux etc.

QS1 : « Sols médiocres » est possible d'accepter cela à condition qu'il y ait un bon drainage. Il est possible de transformer ces sols en sols de meilleure qualité en effectuant un traitement aux liants.

QS2 : « Sols moyens », **QS3 : « Bons sols »** : dans les deux cas de sol (**QS2, QS3**) aucun renforcement n'est nécessaire car le sol a une bonne portance, mais le drainage est crucial pour la durabilité et la protection de la plateforme.

N° sondage	SC1	SC2	SC14	SC15	SC16	SC5	SC6	SC7	SC9	PU3	PU4	PU5	SC10	SC11
PK	23 +0.25	24 +800	26 +917	28 +100	29 +992	31 +200	32 +200	34 +000	35 +900	37 +100	38 +000	39 +000	40 +100	41 +100
Classe GTR	A3	A3	A3	A2	A3	A2	B4	B4	B4	B5	A2	B5	B4	B4
Classe UIC	QS1	QS2	QS1	QS1	QS1	QS1	QS2	QS2	QS2	QS2	QS2	QS2	QS2	QS2

Tableau VIII. 2 Classe de sol support le long de tracé

VIII.3.3 Classe de portance de la plateforme

Le type de plateforme nous pouvons le déterminer par l'étude de portance de sols qui compose la PST. Les caractéristiques les plus important sont le type et l'état hydrique des sols, ainsi que leur épaisseur.

D'après le code UIC 719R, ces facteurs sont utilisés pour définir les catégories de qualité des sols, et donc la catégorie de portance de la plateforme **Pi** :

- **P1** : plate-forme de médiocre qualité.
- **P2** : plate-forme de moyenne qualité.
- **P3** : plate-forme de bonne qualité.

VIII.3.4 Plate-forme proposée

D'après les recommandations des **UIC**, l'assise ferroviaire doit être reposé sur une plateforme du type **P3** (Bonne plateforme) dans les deux cas remblai déblai. La plateforme **P3** a été dimensionnée précédemment pour un type de sol **QS3**, alors si on a une classe de qualité du sol supporte moins de **QS3** comme **QS1, QS2** on doit ajouter une couche de forme.

L'objectif de portance de la plateforme était de déterminer la classe de qualité du sol utilisé ainsi que son épaisseur, comme spécifié dans le tableau ci-dessous :

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme	Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance	
		Qualité	Épaisseurs min ef (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.5
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.5
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

Tableau VIII. 1 La classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)

VIII.3.5 Couche de forme

En se référant au tableau précédent, pour obtenir une plate-forme de qualité **P3** (pour compenser le manque d'entretiens) sur un sol support de qualité **QS1, QS2**, il est essentiel de réaliser :

- **Sur QS1 :** une couche de forme dont la qualité de sol de remplissage est **QS3** et cela sur une Épaisseur minimale de **0.5m**.
- **Sur QS2** : une couche de forme dont la qualité de sol de remplissage est **QS3** et cela sur une Épaisseur minimale de **0.35m**.

VIII.4 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

On utilise la formulation du code **UIC 719R** pour déterminer l'épaisseur requise. En tenant compte des paramètres appropriés pour le tronçon en cours d'étude. En utilisant la formule ci-dessous, avec les valeurs des différents paramètres dans le tableau :

$$e \text{ (en m)} = E + a + b + c + d + f + g$$

E	**0.70m**	Pour les plateformes de classe de portance P1.
	0.55m	Pour les plateformes de classe de portance P2.
	0.45m	Pour les plateformes de classe de portance P3.
a	**0 m**	Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V>160 km/h quel que soit le groupe (UIC).
	-0.05 m	Pour les lignes de groups UIC (3,4).
	-0.10 m	Pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.

	-0.15 m	Pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.
b	**0 m**	Pour les travers en bois de longueurs L= 2.6 m
	(2.50-L)/2 m	Pour les travers en béton de longueur L. (L et b en mettre si L>2.5, b peut être négatif).
c	**0 m**	Pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne).
	-0.1 m	À titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que ‘’7, 8 et 9 sans voyageurs’’.
d	**0 m**	Lorsque la charge nominale maximale d’essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale a 20 tonne/essieu.
	0.05 m	Lorsque cette charge est de 22 ,5 tonne/essieu.
	0.12 m	Lorsque cette charge est de 25 tonne/essieu.
f	**0m**	Pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 Km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.
	0.05 m	Pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues a grande vitesse.
	0,10 m	Pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues a grande vitesse.
g	**0.01m**	Géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
	0m	(Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

Tableau VIII. 4 les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l’épaisseur

Application au projet :

Les Valeurs de E : E=0.45m pour les plateformes de classe de portance P3.

Les Valeurs de a : 0 m pour le groupe de la ligne UIC 1 (selon le code UIC 714 :

Tf1= 217000 T/J > Tf1= 130000 T/J Tf1= Trafic Fictif

Les Valeurs de b :

$\mathbf{b = \frac{2.5-L}{2} = \frac{2.5-2.24}{2} = 0.13m,}$ pour les traverses béton (Bi-blocs) de longueur de **L= 2,24 m VAX U31.**

c = 0 ; pour un dimensionnement normal.

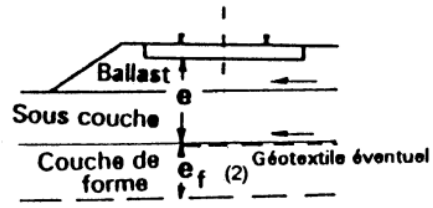
d = 0,05m ; pour une charge nominale d’essieux 225**kN**.

f = 0 ; pour toutes les lignes parcourues à **V < 160 km/h**.

g = 0 ; épaisseur du géotextile.

e = 0,45 + 0 + 0,13 + 0 + 0,05 + 0 = 0,63 m approximativement **e=0.65m**

Donc, notre structure de voie est d'environ **:**



Figures VIII. 1 Épaisseurs des composants de la structure d'assise[15]

- Epaisseur de l'assise ferroviaire **: e=0.65m**
  - Epaisseur de la couche de ballast : **0.30 m**
  - Epaisseur de la couche de sous-ballast : **0.20**
  - Epaisseur de la couche de fondation : **0.15**
- Epaisseur de la couche de Forme :
  - Dans le cas de sol support de qualité **QS1** : **ef =0.5m (Pk 23 au Pk 32)**
  - Dans le cas de sol support de qualité **QS2** : **ef =0.35m (Pk 32 au Pk 42+623)**

VIII.5 Conclusion

En Algérie, nous avons respecté les normes actuelles de SNTF pour la détermination des épaisseurs des différentes couches qui compose la structure d'assis ferroviaire pour supporter les charges transmises par le matériel roulant en les soutenant et en les dispersants.

[15]UIC 719R page 57

CHAPITRE IX

PROFIL EN TRAVERS

IX.1 Introduction

Dans les travaux de terrassement, le terrain naturel est préparé pour se conformer aux sections transversales réalisées lors de l'étude du projet toutes ont respectant l'étude géotechnique pour garantir la stabilité. Il est nécessaire d'effectuer une des opérations de creusement ou d'ajout de matériaux sur certaines épaisseurs afin d'obtenir la forme approuvée par les études.

IX.2 Profil en travers

Dans la conception et la construction d'un projets ferroviaires, le profil en travers est d'une importance capitale. Il établit les dimensions de la voie, Les pentes des talus, les systèmes d'assainissement et les mesures de prévention contre les risques naturels comme les instabilités et les éboulements.

Un profil en travers type c'est une forme avec des dimensions précis qui est appliquer dans la majorité de projet comme la largeur de la voie, les couches de la superstructure, ce dernier peut subir certaines modifications dans des zones spéciaux comme les zones des ouvrages d'arts, des ouvrages hydrauliques, des ouvrages géotechniques (les murs de soutènement) ou les tunnels. En utilisant ce profil type pour simplifier la réalisation du projet et assurer la qualité et la précision.

IX.2.1 Les éléments du profil en travers

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

IX.2.1.1 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), pour notre projet on a un seul entraxe.
- Le type de traverse utilisé.
- La valeur de devers en courbe (maximum).
- L'épaisseur de la couche de ballast.

IX.2.1.2 Eléments de l'infrastructure

- Les épaisseurs nominales de chaque couche.
- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.

IX.2.1.3 Eléments du talus

- La pente de chaque talus.
- Les ouvrages de consolidation Eventuels.

IX.2.1.4 Eléments d'assainissement

- Le type et les dimensions des ouvrages d'assainissement et/ou des draines.

IX.2.2 Profile en travers type de mon projet

Le projet est une nouvelle linge double voie électrifié, mixte repose sur une plateforme de largeur 13.80m symétrique avec une pente latérale de 4% avec largeur de marche pied de 1.5m. pour les rails en utilisant les rails UIC-60, qui sont espacés de 1435 mm, avec des travers Monoblocs VAX U-31.

Les pentes des talus pour les déblais et les remblais en commencent avec 3H/2V et en descendent jusqu'à 2H/1V selon l'étude de stabilité.

Les épaisseurs des couches sont comme suit :

- Epaisseur du ballast 30cm.
- Epaisseur de la sous- ballast 20cm.
- L'épaisseur de la couche de forme varie entre 35cm et 45cm selon la nature du sol support.

IX.3 Calcul des cubatures

Pour assurer une surface uniforme et parallèle à la ligne du projet, il est prévu d'utiliser des cubes de déblais et de remblais pour calculer les cubatures de terrassement.

Les éléments qui permettent d'obtenir cette évolution sont :

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

Le calcul des cubatures de terrassement a été réalisé en utilisant le logiciel CIVIL 3D 2023.

Les détails de calcul sont joints dans les annexe.

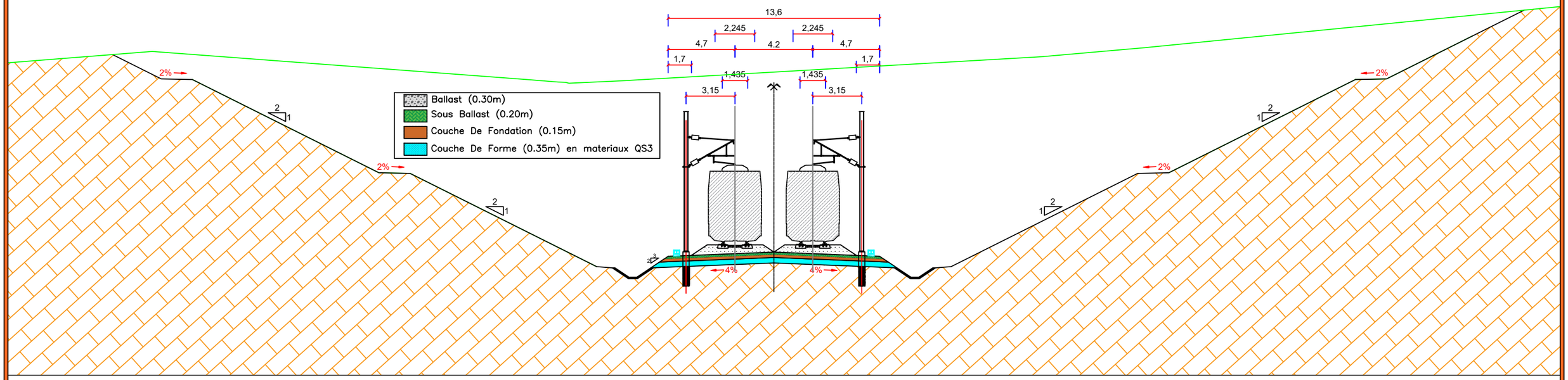
Volume Déblai(m^3)	Volume Remblai(m^3)
6934825	**622857**
Décapage de la terre végétale(m^3)	
82042	

Tableau IX. 1 Les cubatures de terrassement

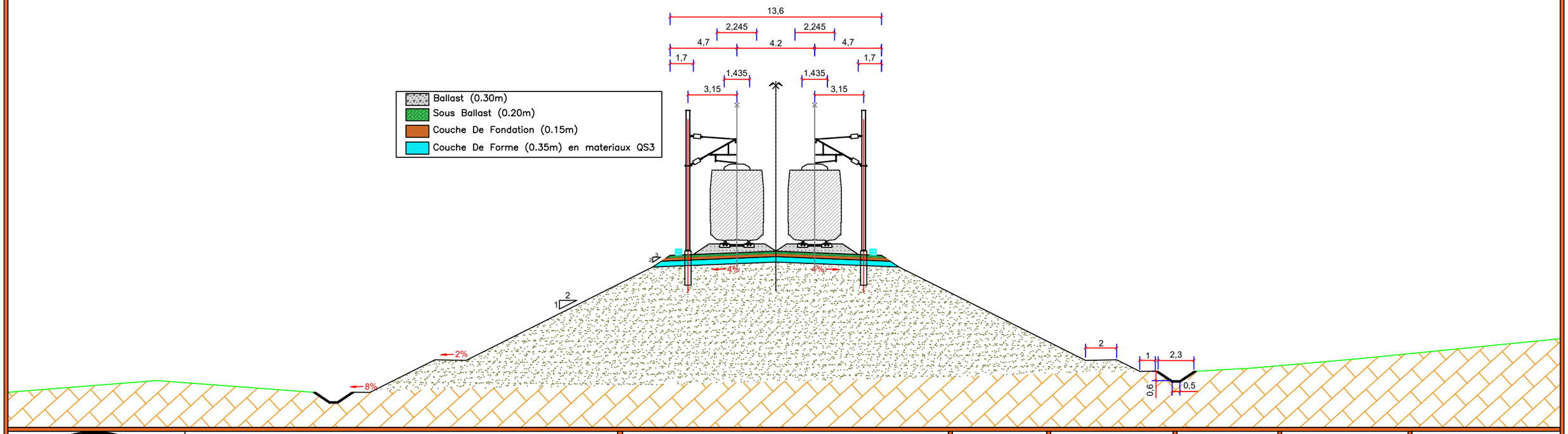
IX.4 Conclusion

Un profil en travers est un outil essentiel qui nous aide a imaginé et de simulé la forme 3D de notre projet dans la réalité et on même temps de faire l'estimation quantitatif et financière de notre projet.

Profil en travers type Déblai



Profil en travers type Remblai



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD countournement de Ténoukla de PK 23+00 au PK 42+623	Bouzidi Aymen Abderrahmane Mentseur	Mr.Ait Khelfa Mohand Mr.Hammadi Kamel	1/250	Profil en travers Déblai/Remblai	2023 / 2024

CHAPITRE X

TERASSEMENTS ET OUVRAGES

X.1 Les terrassements

Les premières étapes pour réaliser les projets ferroviaires impliquent les terrassements, car il est nécessaire de modifier la topographie d'un terrain pour atteindre la surface supérieure de la plateforme. Ses travaux peuvent être déblayés si la ligne rouge est située sous le terrain naturel, ou remblayés si la ligne rouge est située au-dessus de terrain naturel. Il peut arriver que les talus soient plus grands lorsque les déblais et les remblais sont de grandes hauteurs. Dans cette situation, il existe un risque élevé de ruptures et de glissements, c'est pourquoi nous sélectionnons des pentes qui ont été formées pendant les travaux et qui ont été validées par des études de stabilité.

X.1.1 Pente de talus

D'après le référentiel technique de la SNTF : les caractéristiques géotechniques, la hauteur de talus, la topographie du site et les risques naturels jouent un rôle essentiel dans le calcul des pentes de talus dans le but d'assurer la stabilité globale de l'ouvrage.

Les pentes couramment utilisées :

- La recommandation pour le déblai : 1/2, 2/3, 1/1, **3/2**, **2/1**, 2,5/1, 3/1.
- La recommandation pour le remblai : 3/2, **2/1**.

X.1.2 Calcule la stabilité de talus

Dans les analyses de stabilité des talus, on prend en compte les critères principaux de paramétrage géotechnique suivants :

- Poids spécifique γ.
- Cohésion c.
- Angle de frottement interne Φ.

Pour les calculs des stabilités, les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération :

- $Fs \geq 1.3$ à court terme.
- $Fs \geq 1.5$ à long terme.
- $Fs \geq 1$ situation accidentel (séisme).
- La charge transmise à la plateforme 13 KPa /ML

En analysant le profil en long et le profil en travers du tronçon étudié, nous avons pu localiser les hauteurs peuvent être importantes dans différentes zones de remblais et de déblais. L'objectif de cette action est de vérifier la stabilité des talus en déblais et remblais.

Nous avons opté pour la méthode de Bishop simplifiée pour les glissements rotationnels en utilisant le logiciel "Géo studio".

X.1.2.1 Vérification de la stabilité des talus

On va faire la vérification de la stabilité des talus pour les grande hauteur h ≥ 8 m et pour les hauteurs h ≤ 8 m en prend une pente de **3/2** quel que soit le cas déblai ou remblai.

- **Cas remblai :**

PK	Dispositions (H/V)	Hauteur (m)	Facteur de sécurité			Résultats
			Statique		Sismique	
			Court terme	Long terme	Kv=0.0225 ; Kh=0.075	
24+050	2/1 avec berme 2 m chaque 6 m de Hauteur	12	1.38	1.5	1.15	Stable

Tableau X. 1 Caractéristique de stabilité de talus remblai dans PK 24+050

- **Court terme :**

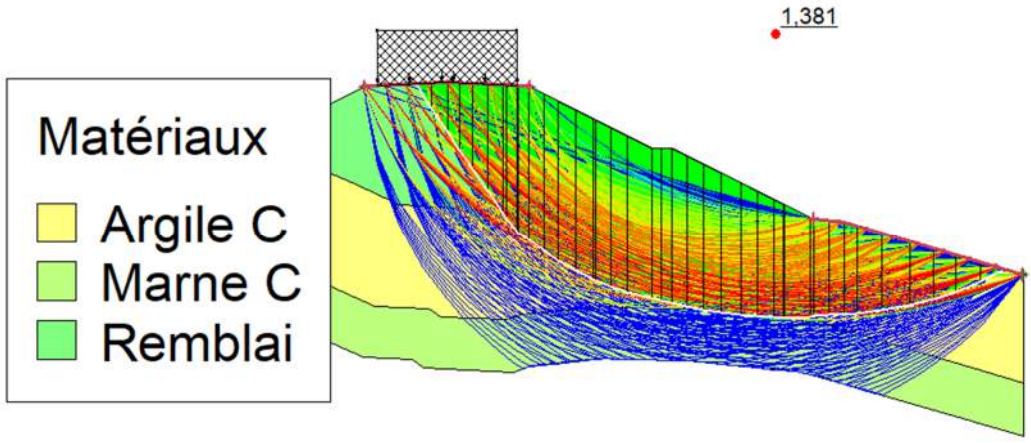


Figure X. 1 Analyse de la stabilité de remblai pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation statique court terme

- **Long terme :**

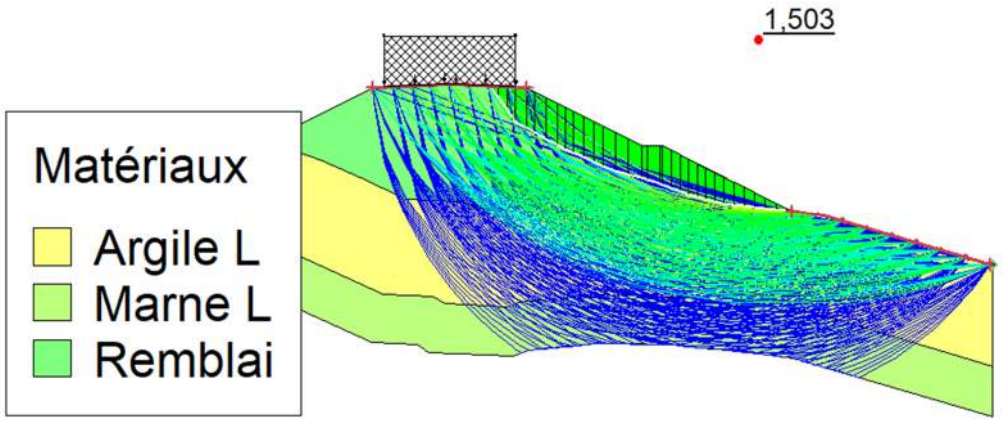


Figure X. 2 Analyse de la stabilité de remblai pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation statique long terme

- **Sismique :**

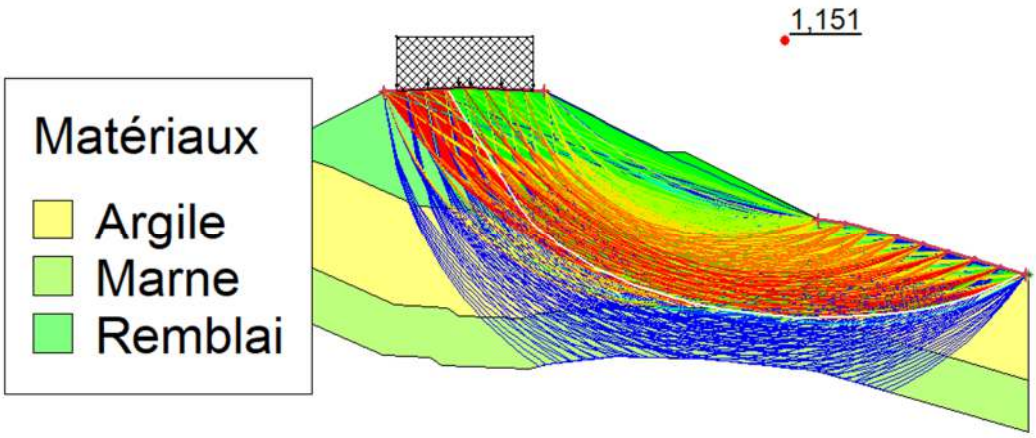


Figure X. 3 Analyse de la stabilité de remblai pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation sismique

(Kv=0.0225 ; Kh=0.075)

- **Cas déblai :**

PK	Dispositions (H/V)	Hauteur (m)	Facteur de sécurité			Résultats
			Statique		Sismique	
			Court terme	Long terme	Kv=0.0225 ; Kh=0.075	
30+625	2/1 avec berme 2 m chaque 6 m de Hauteur	22.85	2.65	3.13	1.89	Stable

Tableau X. 2 Caractéristique de stabilité de talus déblai dans PK 30+625

- **Court terme :**

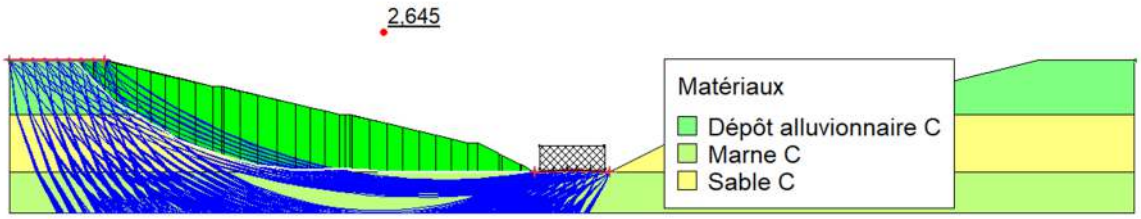


Figure X. 4 Analyse de la stabilité de déblai pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation statique court terme

- **Long terme :**

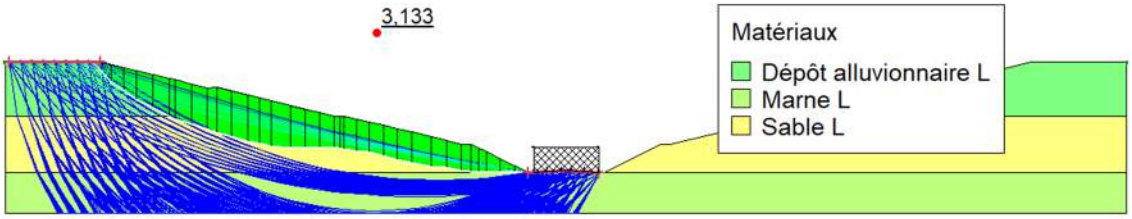


Figure X. 5 Analyse de la stabilité de déblai pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation statique long terme

- **Sismique :**

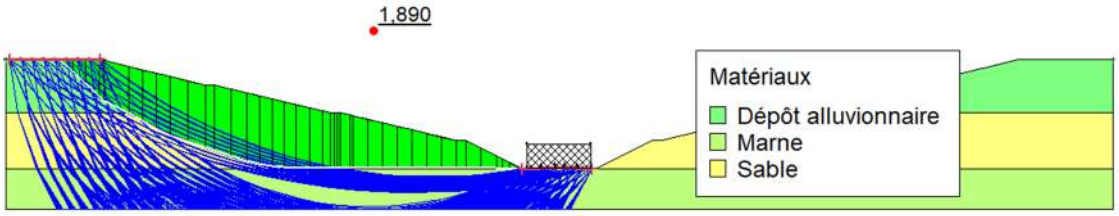


Figure X. 6 Analyse de la stabilité de déblai pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation sismique

(Kv=0.0225 ; Kh=0.075)

X.2 Les ouvrages :

Les ouvrages font partie intégrante du projet de terrassement après la fin du tracé de la ligne, en raison de la présence d'obstacles à prendre en compte (la grande hauteur entre le terrain naturel et le linge rouge, la stagnation de l'eau, les grands remblais supérieurs à 50 m et le croisement avec l'oued). Ces obstacles posent des problèmes techniques et économiques, tels que la perméabilité transversale et l'existence de zones à haute remblai et déblai qui sont difficiles à stabiliser et à contourner. Il est crucial de mettre en place des ouvrages pour résoudre ces problèmes techniques et économiques. On a des ouvrages qui peuvent être présentés :

- Ponts Rail.
- Ponts routiers.
- Ponts cadre.
- Buses, Dalots.

X.2.1 Croisement avec une route :

En règle générale, il est crucial de considérer la nature et le débit de chaque voie traversée lors des problèmes de croisement dans le but d'examiner individuellement chaque type de croisement en fonction de la vitesse maximale autorisée. On prévoit en effet, deux solutions possibles **:**

Passage supérieur : On les utilise lorsque les trains roulent à une vitesse supérieure à 100 km/h et que la topographie ne permet pas d'autres solutions.

Passage inférieur : Si le linge de piste se trouve plus bas que le linge rouge, alors le passage inférieur est plus approprié que le passage supérieur.

X.3 Les ouvrages de notre projet

X.3.1 Croisements route ou piste

Dans notre projet, le tracé coupe actuellement sept pistes, une déviation d'une route nationale et une route nationale. Pour atteindre les conditions de sécurité il est nécessaire de respecter un gabarit de 8 m pour les passages supérieures (6.35+1.2+0.1+0.05=7.7 m), pour les passages inférieurs le gabarit dépend de l'importance de route s'il s'agit d'une piste une hauteur libre minimale de 4 m suffit.

Rétablissements routiers	PK	Ouvrage d'art
Piste forestière	23+750	Passage supérieur
Piste forestière	26+914	Passage supérieur
Piste garenne	28+170	Passage supérieur
Déviation de RN10	32+125	Passage supérieur
Croissement avec RN10	35+184	Passage supérieur
Piste	40+845	Passage inférieur

Tableau X. 3 Liste des ouvrages d'art pour mon projet

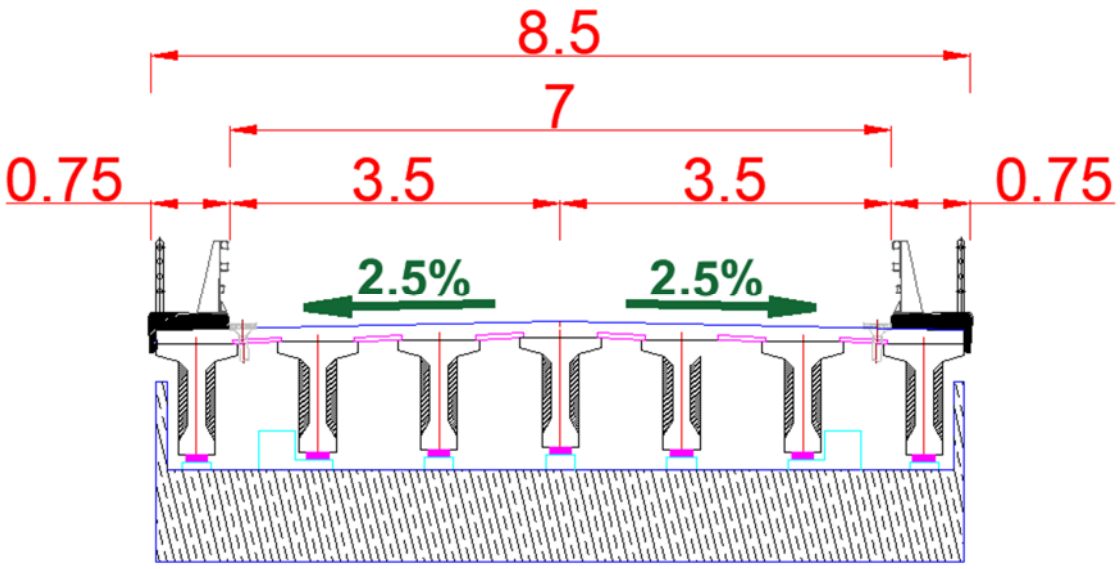


Figure X. 7 Passage supérieur route nationale

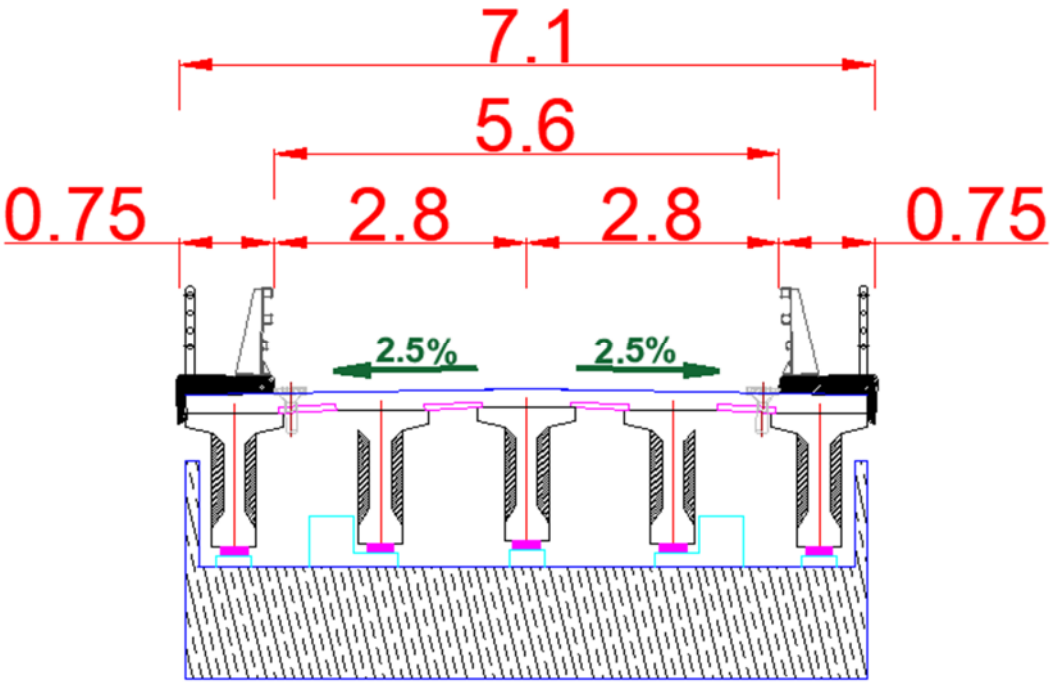


Figure X. 8 Passage supérieur piste

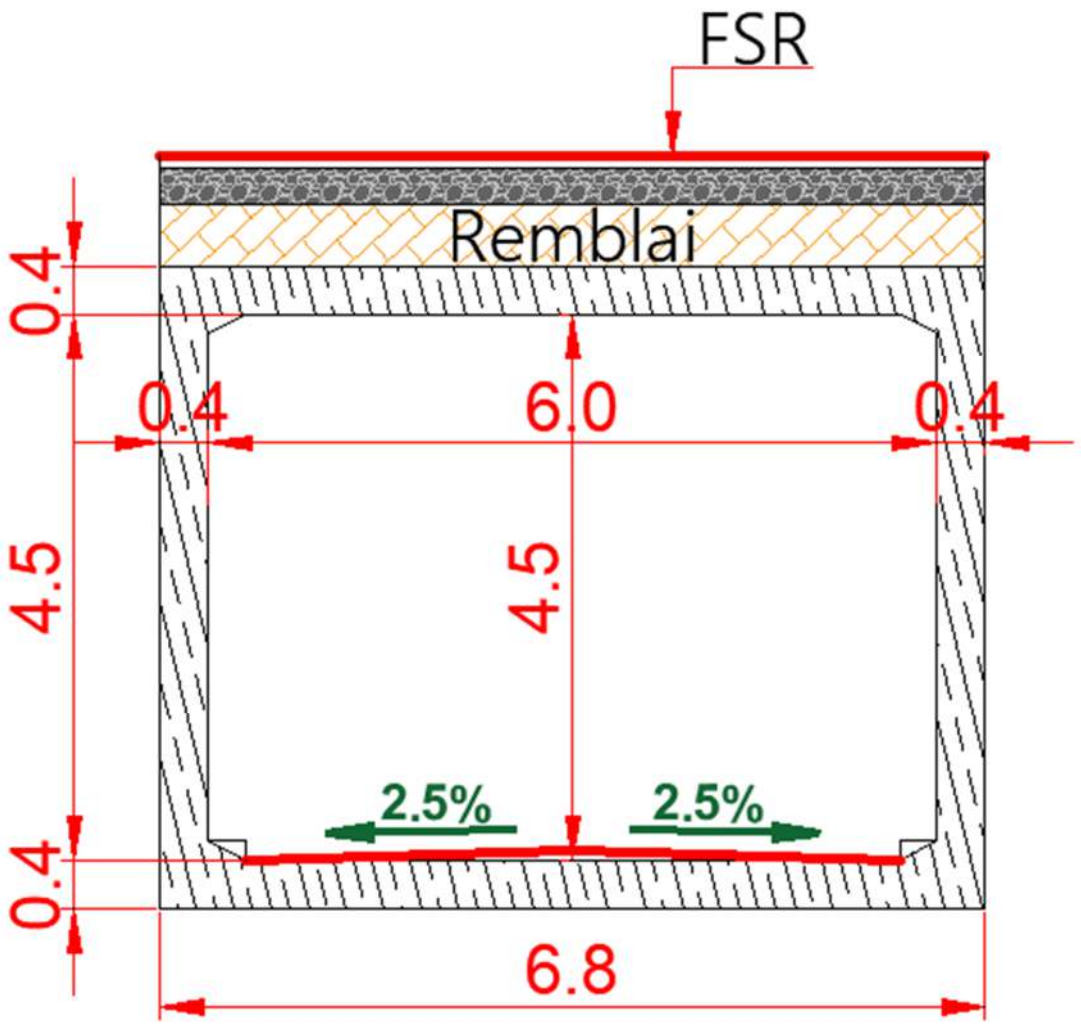


Figure X. 9 Passage inférieur

X.3.2 Piste à supprimer :

Dans le tableau suivant on liste les pistes à supprimer dans ce tronçon :

Rétablissements routiers	PK
Piste	28+743
Piste	29+980
Piste	37+535

Tableau X. 4 Pistes à supprimer

X.3.3 Ouvrages hydrauliques et ouvrage d'art :

Afin de franchir les oueds et de préserver la voie de la présence d'eaux. Nous avons l'intention de construire trois types d'ouvrages (pont hydraulique, buse, dalot).

Les positions des trois ponts rails qui traverse des grands oueds sont respectivement : le premier pont PK 23+525 au PK 23+675, et le deuxième pont PK 25+225 au PK 26+050, et le troisième pont PK 26+200 au PK 26+950 avec la projection de 18 ouvrages hydrauliques (buse, dalot) défini dans l'étude

hydraulique (CHAPITRE VII ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE) en ce qui concerne les buses et les dalots.

X.4 Conclusion :

On peut voir que les ouvrages d'art les plus fréquemment utilisés sont des ouvrages d'art du type simple passage inférieur ou passage supérieur (rétablissement routier) mais on peut trouver des cas difficiles comme note cas (courbe en s) ou le passage par un pont caisson ou mixte et nécessaire.

CHAPITRE XI
CONCEPTION DE LA GARE DE TENOUKLA

XI.1 Introduction

Une gare, aussi connue sous le nom de gare ferroviaire, est un lieu où les trains s'arrêtent pour embarquer, déposer ou charger des marchandises. Les gares, construites grâce au développement du chemin de fer, peuvent être installées en ville ou à la campagne, et avoir une taille plus ou moins importante. Il y a plusieurs types de gares, Certaines sont spécialisées dans le transport de personnes, tandis que d'autres se concentrent sur le transport de marchandises.

XI.2 Type de gare

Il y a trois catégories de gares

XI.2.1 Les gares de voyageurs

Sont localisées dans les grandes agglomérations ou les zones à forte densité de population, elles sont dotées de toutes les installations requises (aires de repos, bâtiment voyageur.) pour recevoir les voyageurs.

Il existe deux types des gares voyageurs :

- **Gares terminus**

En général, le bâtiment se trouve à l'extrémité des quais et est perpendiculaire à eux. Il est habituellement composé de manière symétrique : un côté pour les départs et l'autre pour les arrivées.

- **Gares de passage**

C'est la situation la plus courante. Généralement, le bâtiment est positionné le long des voies, en direction du centre de l'agglomération. Les quais peuvent être atteints en passant par une passerelle ou en empruntant un passage souterrain.

XI.2.2 Les gares de marchandises

Sont établies dans des zones industrielles et agricoles et commerciales vitales, proche des ports, mines, des Raffineries de pétrole et entrepôts de grande envergure. Elles sont équipées de toutes les installations essentielles pour accueillir, décharger et stocker les marchandises tels que : les hangars, les vastes cours sont présents. où se déroulait le transfert des chargements entre les wagons et les véhicules routiers, garantissant la livraison finale vers les installations des clients. Les cours pouvaient inclure des grues ou des portiques de manutention, ainsi que des quais de chargement.

XI.2.3 Les gares mixtes

Elles sont implantées dans des zones où l'on trouve à la fois des activités industrielles, agricoles et commerciales. Elles sont pourvues de plusieurs installations permettant d'accueillir les passagers, de charger, décharger et stocker les marchandises.

XI.2.4 Les gares de croisement

Habituellement, ces gares sont de petite taille et se trouvent sur les lignes de chemin de fer à voie unique. Leur mission est d'accueillir les trains des deux côtés de la gare en toute sécurité une fois qu'un des deux trains est arrêté.

XI.3 Etude du plan de masse d'une gare

Pour élaborer une gare, il est essentiel de prendre en considération les fonctions de toutes les installations fondamentales qui la constituent. Pour étudier le plan de masse, trois éléments sont indispensables à cette étape :

- **Les catégories de voie :** qui permettent d'identifier le rôle et les composants de la gare.
- **Le trafic** : qui joue un rôle crucial dans l'évaluation de l'importance de la gare et dans son aménagement et ses installations en conséquence.
- **L'emplacement de la gare** : qui est généralement en charge de définir et de déterminer les deux éléments précédents.

XI.4 Aménagement de la gare

XI.4.1 Installations d'une gare à voyageurs

La construction et les installations d'une gare ferroviaire sont définies en fonction de son type, de sa conception et de sa catégorie, parmi ses installations en trouve :

- **Le bâtiment de voyageurs** : cet espace est spécialement conçu pour les voyageurs et peut comporter une variété d'installations. Il y a une salle d'attente, des distributeurs automatiques de billets, un poste de sécurité, un kiosque et d'autres équipements.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : il s'agit d'espaces de service réservés exclusivement aux agents de chemin de fer.
- **Quais** : Ce sont des bandes parallèles à la voie ferrée qui donnent accès aux trains.
- **Abris de quais** : ces installations se trouvent sur les quais et ont pour but de protéger les voyageurs des intempéries.

- **Les passages souterrains et les passerelles** : ces constructions sont mises en place dans les gares pour faciliter la traversée des voies et le changement de quai en toute sécurité.

XI.4.2 La marge de glissement

La marge de glissement, aussi nommée marge de sécurité, est la distance minimale entre un train et un obstacle fixe (comme un signal ou un autre train) requis pour maintenir une distance de sécurité et éviter une collision.

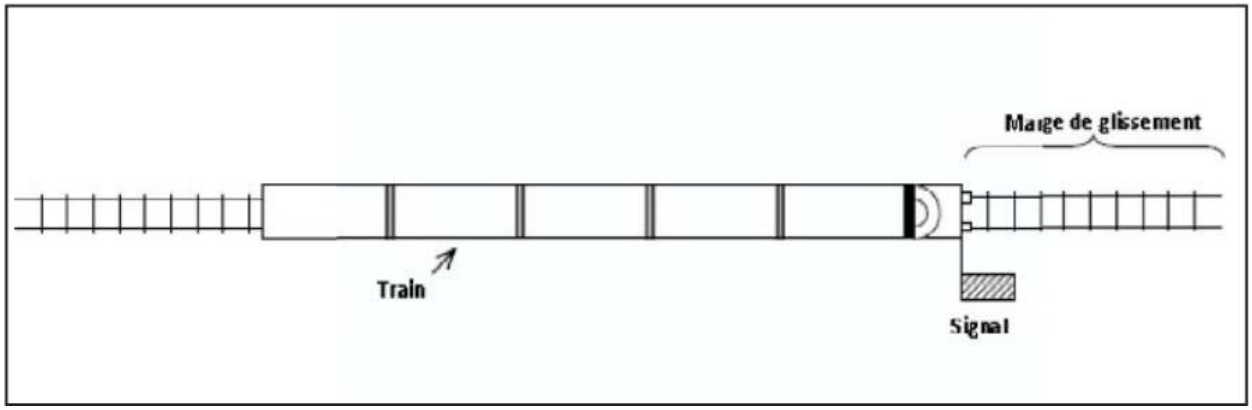


Figure XI. 1 Schéma de la marge de glissement

La norme UIC 739 définit les longueurs de la marge de glissement de la manière suivant :

En fonction de la vitesse de la ligne, on le considère comme une marge à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie.

-LG = 200m pour V ≥ 60 km/h.

-LG = 100m pour 40km/h ≤ V ≤ 60 km/h.

-LG = 50 m pour V < 40 km/h.

NB : Dans le cas où la marge de glissement ne peut pas être atteinte, il est impératif de limiter la vitesse à laquelle le train s'approche du signal.

XI.4.3 Garage franc

Le garage franc est un point situé à l'arrière d'une jonction convergente, de sorte qu'un train doit se trouver à l'arrière de ce point afin de garantir que tout train circulant sur l'autre voie convergente puisse avancer sans être gêné, sa valeur théorique s'élève à 3,57 fois la distance entre les axes des voies directes et déviées. Néanmoins, pour des raisons de sécurité, le garage franc est installé à une distance d'environ 1 mètre de cette valeur théorique. La formule pour calculer le garage franc est la suivante : **GF = 3,57 x N + 1 mètre**

N : varie en fonction de l'ouverture de l'appareil de voie.

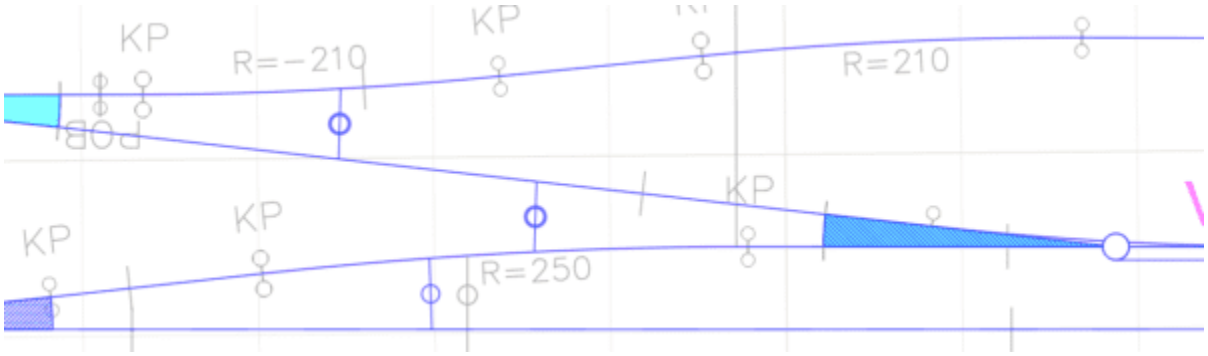


Figure XI. 2 Schéma de garage franc[16]

XI.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement

Cela correspond à la distance entre deux garages francs, ce qui permet au train de s'arrêter sur la voie de dépassement sans perturber la circulation sur la voie principale, ou les autres chemins de dépassement adjacents.

La norme SNTF définit les valeurs de la longueur utile de la façon suivant :

- Pour les trains de voyageurs, la longueur utile minimale est de 426 m.

- Pour les trains de marchandises sur la voie principale, la longueur utile minimale est de 870 m.

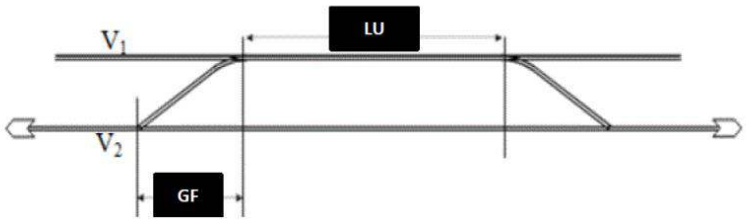


Figure XI. 3 Schéma représente la longueur utile de la voie

XI.4.5 Heurtoir

Ces dispositifs sont positionnés à l'extrémité des voies de garage ou de sécurité pour annoncer la fin de celles-ci et pour empêcher les véhicules en mouvement de continuent leur trajet au-delà de la voie. Leur fonction est d'absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent, en utilisant des tampons qui minimisent leur impact.

[16]https://railcomplete.com/product/fouling-point/

XI.5 Aménagement de la gare

XI.5.1 Déclivité dans les gares

Il est nécessaire de réguler la pente en gare en fonction des différentes activités qui y sont liées. Dans le cadre de notre projet, nous maintiendrons la pente à 0 ‰ afin de prévenir tout mouvement non désiré des trains**.**

XI.5.2 Quai

XI.5.2.1 La longueur de quai

Selon le SNTF les longueurs des quais sont fixées comme suit :

- Grande ligne 450 m.

- Service régional 350 m.

- Banlieue 225 m.

XI.5.2.2 La largeur de quai

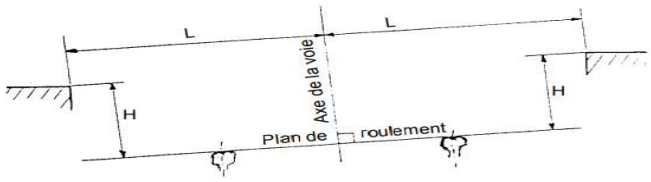
La SNTF préconise les largeurs suivantes

- Quai intermédiaire B > 8 m.

- Quai extérieur B ≥ 6m.

XI.5.2.3 La Hauteur de quai

La hauteur nominale autorisée pour les bordures des quais au-dessus du plan de roulement est de 550 mm



H = Hauteur au-dessus du plan de roulement, perpendiculaire au plan de roulement
L = Distance par rapport à l'axe de la voie, parallèle au plan de roulement

Figure XI. 4 La hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie[17]

[17](Source UIC741 OR)

XI.5.2.4 La distance à l'axe de la voie

Dans cette section, nous abordons la question de la distance entre l'axe de la voie et les bordures de quai, pour les bordures de quai dont la hauteur nominale est comprise entre 550 mm et 760 mm, la distance minimale par rapport à l'axe de la voie égale à :

$$\mathbf{L(mm) = 1650 + S}$$

La formule suivante donne la valeur de S

$$\mathbf{S\ (mm) = (3750/R) + ((I-1435)\ /2)}$$

Avec :

- R : représente le rayon de la voie en mètres.

- I : l'écartement de la voie en millimètres.

XI.5.2.5 L'entre axe des quais

- e normal > 11.3 m.

- e minimal > 9.3 m.

XI.5.2.6 Les appareils de voie

La norme SNTF spécifie les règles d'implantation suivantes :

- Conditions générales : Les appareils de voie seront mis en place en déclivité constante. Cela s'appliquera également aux communications.

En outre, dans les zones proches d'un ouvrage d'art, il est recommandé de maintenir les appareils de voie à des distances minimales, qui dépendent de la longueur L de l'ouvrage :

Distances minimales	**Longueur de l'appareil**
≥ 20m	L ≤ 30 m
≥ 50 m	30 m < L ≤ 90 m
≥ 50 m	L> 90 m depuis le côté opposé à l'appareil de dilatation

Si la présence d'un appareil de dilatation est nécessaire en raison de la longueur L, l'appareil de voie devra être implanté à une distance minimale de 100 mètres de l'extrémité de l'appareil de dilatation.

-Règles d'implantation

En plan :

La mise en place des appareils de voie se fera en respectant les longueurs minimales du tracé retenues ci-dessous :

En pointe : La longueur minimale d'alignement (L1) devra être égale à Vd/2, Vd étant la vitesse exprimée en km/h de franchissement en voie déviée.

En talon de la branche déviée :

Si la sortie d'appareil est en alignement : La longueur minimale d'alignement à respecter devra être égale à Vd/2.

En talon de la voie directe : Longueur minimale d'alignement L2, à réserver, doit être supérieure à 50 m.

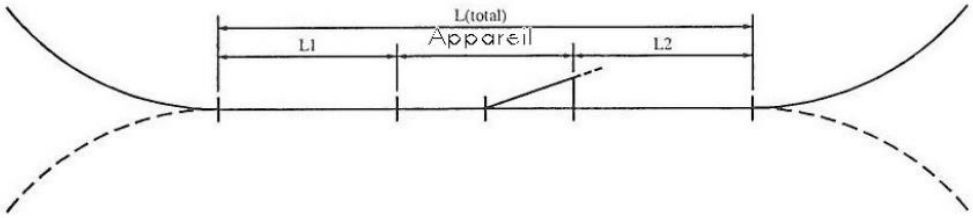


Figure XI. 5 Schéma d'implantation des ADV[18]

XI.5.3 Application au projet

La gare de Ténoukla est localisée entre les PK 40+500 et PK 41+750, avec une longueur totale de 1250 m. C'est une gare intermédiaire spécialement conçue pour le trafic voyageur. La gare contient

[18](REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF)

trois voies : deux voies principales (V1, V2) et une voie d'évitement qui se termine par une voie de garage.

-La longueur et la largeur du quai

La longueur des quais de notre gare est de 225m.

D'après la SNTF

-Le quai extérieur a une largeur de 6 mètres (quai 1).

- Le quai intermédiaire a une largeur de 8 mètres (quai 2).

- Hauteur et entre-axe des quais

Dans notre situation, nous optons pour le quai mi-haut, avec une hauteur de 55 cm.

On prend un entre-axe de : e= 14.5 m (entre quai 1 et 2).

-La distance à l'axe de la voie

-L (mm)= 1650+ (3750/∞) + ((1435-1435) /2) =1650mm.

-Entraxe entre les voies

Entraxe entre les voies est de 4.2 m.

-La longueur utile des voies

Type de voie	Longueur utile(m)
Voie principale 1	**849**
Voie principale 2	**849**
Voie d'évitement	**788**
Voie de garage	**297**

Tableau XI. 1 Longueur utile

-Longueur de garage de franc

On a utilisé 4 appareils de voie type (UIC 60 E1-500-1/12) pour les voies de communications et 2 autres pour la voie d'évitement de type (UIC 60 E1-300-1/9)

GF (1/12) =3.57*12+1=43.84 m.

GF (1/9) =3.57*9+1=33.13 m.

-La passerelle

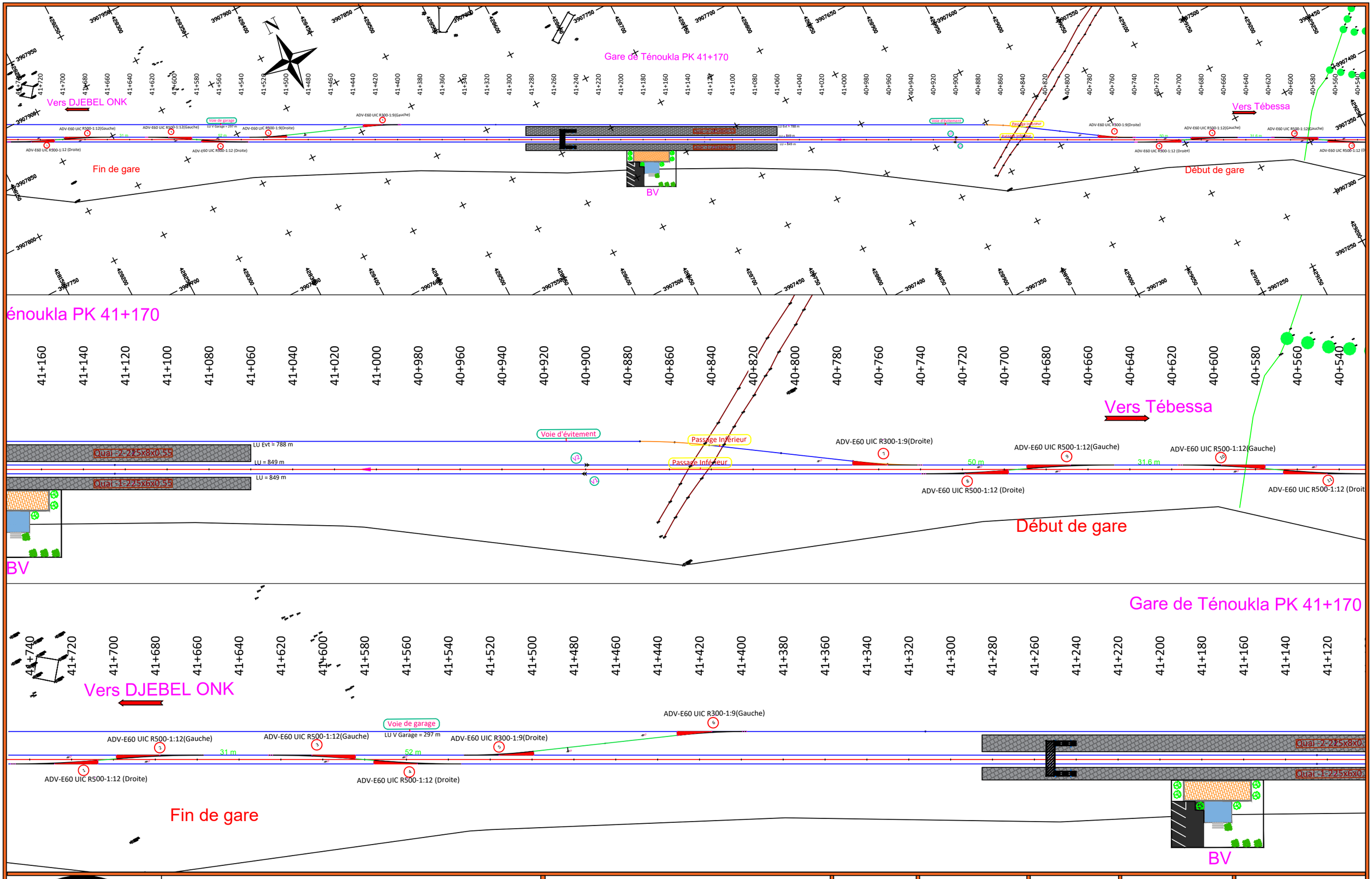
Pour faciliter les déplacements des passagers vers notre gare, un passage supérieur a été mis en place, entre les quais et les bâtiments des voyageurs, avec les dimensions suivantes :

-La largeur doit être supérieure à 2,4 m, donc nous prenons B = 2,5 m.

- La hauteur doit être supérieure à 6.2 m, donc on choisit 6.4 m

XI.5.4 Assainissement de la gare

Afin de s'assurer que les eaux pluviales s'écoulent correctement dans les gares, il est crucial de créer un système d'assainissement transversal. Ce système demande une inclinaison de 2% en toit ou en V sur les quais, ce qui permet d'évacuer les eaux vers les voies. Par la suite, les eaux sont évacuées en utilisant les pentes transversales des plates-formes (4%) vert-le tuyaux perforé enfoui sous l'assise ferroviaire.

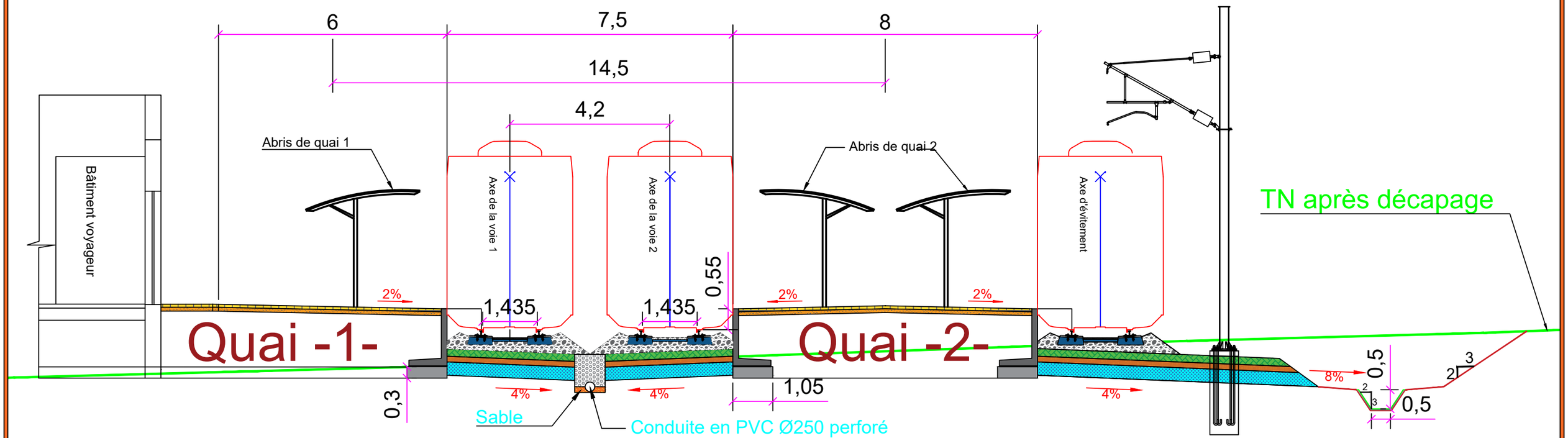


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web** : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD countournement de Ténoukla de PK 23+00 au PK 42+623	Bouzidi Aymen Abderrahmane Mentseur	Mr.Ait Khelfa Mohand Mr.Hammadi Kamel	1:3000 1:1600 1:1600	Gare deTénoukla PK 41+170	2017 / 2018

PROFIL EN TRAVERS TYPE EN GARE
ECH : 1/100



Ballast(30 cm)

Sous Ballast(20 cm)

Couche de fondation(15 cm)

Couche de forme(35 cm)

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web** : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD countournement de Ténoukla de PK 23+00 au PK 42+623	Bouzidi Aymen Abderrahmane Mentseur	Mr.Ait Khelfa Mohand Mr.Hammadi Kamel	1/100	Profile type de la gare de Ténoukla	2023 / 2024

CHAPITRE XII

SEGNALISATION FERROVIAIRE

XII.1 Introduction

La signalisation ferroviaire regroupe tous les signaux conventionnels utilisés pour assurer la sécurité des trains, des lumières colorées sont utilisées pour indiquer la marche, le ralentissement et l'arrêt, en cas d'urgence et de visibilité réduite, les conducteurs peuvent être avertis à l'aide de signaux de vibration.

XII.2 Objet de la signalisation ferroviaire

La signalisation ferroviaire sert à guider les conducteurs des trains et vise à éviter :

- Les dangers liés à la circulation ferroviaire :
  - la circulation dans les deux sens sur une même voie (nez à nez)
  - Le rattrapage qui se produit lorsque le train suivant rattrape celui qui l'a précédé.
  - La prise en écharpe qui se produit lorsque le train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train qui arrive d'une autre direction.
- Les risques de déraillement (au niveau des courbes, des zones d'aiguillage et des travaux)

XII.3 Implantation des signaux en Algérie

Les signaux ferroviaires sont classés en deux catégories : les feux et les panneaux en général, ces derniers sont installés à gauche de la voie, car les trains se déplacent à gauche, sauf dans le cas où le positionnement n'est pas réalisable.

XII.4 Les fonctions de la signalisation

Les signaux ont été requis pour assurer les rôles et les fonctions énumérés ci-dessous :

- Signalisation d'arrêt
- Signalisation de limitation de vitesse
- Signalisation de direction

Il est courant de trouver une signalisation d'annonce et une signalisation de rappel ou d'exécution dans chaque signalisation.

XII.5 Les différents types de blocks

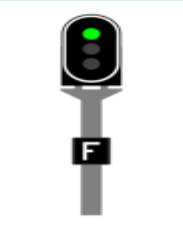
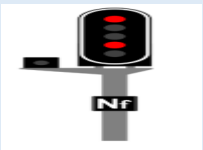
Dans la gestion des signaux ferroviaires, on emploie divers types des blocs énumérés ci-dessous :

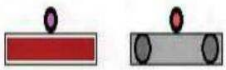
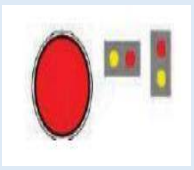
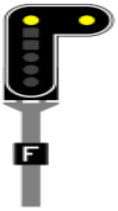
-Le block manuel (B.M) : Ce système est utilisé sur les lignes peu fréquentées, ce qui exige qu'un agent ouvre manuellement le signal de bloc pour autoriser l'entrée sur la voie.

-Block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R): Ce système d'espacement est spécialement conçu pour les lignes de moyenne fréquentation. Il utilise des signaux automatiques pour contrôler l'arrivée des trains dans la voie suivante.

-block automatique lumineux (B.A.L) : Les lignes principales sont équipées de ce système d'espacement par signaux automatiques permissifs, qui peut être fermé sous certaines conditions.

Généralement les lignes à voie multiple sont réparties en plusieurs secteurs que l'on désigne par **cantons,** chaque canton est équipé d'un signal de cantonnement automatique qui commande l'entrée sur le canton suivant et assure l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie.

SIGNAL	INDICATION	SIGNALISATION LUMINEUSE	SIGNALISATION MECANIQUE
Signal ouvert Voie libre	Le Voie Libre indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée		
Le feu vert Clignotant (VL)	Il commande au Mécanicien de réduire la vitesse à 160 km/h		
Carré fermé + feux Denuit	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi		
Feu violet ou Carré Violet fermé + feu de Nuit	Commande l'arrêt, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule.		
Guidon d'arrêt			
Sémaphore/ feu Rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal		

Feu rouge clignotant	Marche sans dépasser la vitesse de 15 km/h au franchissement de ce signal		
Feu blanc	Il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre		
Feu blanc clignotant	Il interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie		
L'avertissement /feu jaune	Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant		
Le feu jaune Clignotant(A)	Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant.		
Le disque D	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		
Le ralentissement 60	Le ralentissement 60pour annonce une aiguille (ou plusieurs) en position "voie déviée" à passer à une vitesse maximale de 60 km/h.		

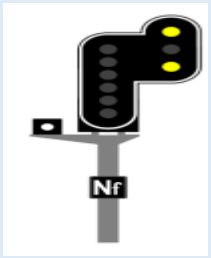
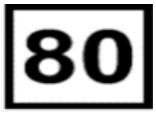
Le rappel de ralentissement 60			
Plaque d'identification	indication		
	La pancarte indique une zone à vitesse limitée (Zone d'action).		
	Le TIV fixe indique la vitesse à respecter à distance.		
	La pancarte indique la sortie de la zone à vitesse limitée (Reprise de vitesse).		
	La pancarte indique le point d'arrêt des trains sur le quai concerné (Tête de Train).		
	Cette pancarte pour annonce une zone à gabarit limité (pont, tunnel).		
	Le tableau indique que le train est dirigé vers un dépôt.		

Tableau XII. 1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication

A raison de l'augmentation de la capacité de la ligne minière la signalisation classique n'est plus satisfaisante donc l'installation d'un nouveau système de signalisation est nécessaire tel que ERTMS.

XII.6 Définition du système ERTMS

Il s'agit d'un système de gestion du trafic ferroviaire qui comprend trois systèmes :

-ETCS :(Système européen de contrôle des trains) est une norme de contrôle des trains, fondée sur du matériel en cabine capable de superviser les mouvements des trains, y compris l'arrêt du train, selon la vitesse maximale autorisée à chaque section de ligne. Des informations sur la description de la voie sont reçues de l'équipement ETCS installé à côté de la voie, des Euro balises ou de la radio (selon le niveau opérationnel) et utilisé pour calculer et superviser la vitesse maximale en tout temps. La réponse du conducteur est surveillée en permanence et, si nécessaire, les freins d'urgence du train peuvent être actionnés par l'ETCS.

- RMR

C'est le système européen de radiocommunication pour les opérations ferroviaires et le deuxième des trois systèmes ERTMS. Il est composé de deux systèmes radio : GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railways) et FRMCS (Future Railway Mobile Communication System). Les deux systèmes peuvent être mis en œuvre en même temps ou séparément. RMR facilite la communication entre le train et les centres de contrôle de la circulation situés à côté de la voie.

-ATO (Automatic Train Operation)

fournit une fonctionnalité d'espacement des trains entièrement basée sur la communication radio.

XII.7 Conclusion

Ces dernières années, le domaine de la signalisation ferroviaire a connu Une progression significative grâce aux avancées technologiques, ayant une influence majeure sur la réduction des accidents et l'amélioration de la fluidité du trafic ferroviaire.

CHAPITRE XIII
IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction :

Les organismes vivants, les activités humaines et tout ce qui entoure font partie de l'environnement. L'impact des travaux publics sur l'environnement est remarquable, en particulier à cause de la circulation des engins. Ces derniers ayant un impact sur les émissions de CO2. Il est essentiel d'effectuer une évaluation environnementale en étroite collaboration avec le maître d'ouvrage, afin de réduire au maximum les effets négatifs sur l'écosystème. L'objectif de cette analyse est d'examiner les répercussions du projet sur l'environnement et de prendre en considération les dommages pour les minimiser.

Pour examiner les multiples répercussions, qu'elles soient positives ou négatives, de l'infrastructure dans un contexte technico-économique, l'étude a été divisée en trois parties distinctes :

Partie I : Déterminer quelle est la zone la plus impactée par les effets de l'infrastructure.

Partie II : Évaluer les répercussions positives et négatives sur l'environnement.

Partie III : Suggérer des solutions pour limiter ces répercussions et réduire au minimum les dommages à l'environnement.

XIII.2 Impact du projet sur l'environnement

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) a été faite dans le but d'examiner les divers facteurs à prendre en considération lors d'une évaluation d'impact. Dans le cadre de notre projet, ces éléments sont présentés par :

XIII.2.1 Les ressources en eaux :

En abordant le sujet des infrastructures de transport, on constater des emprises bloquées, qui influent les ruissèlements en raison de modifications des conditions du sol et l'écoulement des cours d'eau, ce qui peut provoquer une pollution d'eau entrainent des événements de contamination ou d'intoxication à cause des eaux, des fruits et des légumes toxiques.

Il est important d'éviter autant que possible les zones voisines des prélèvements d'eau souterraine (puits, forages) et des réservoirs de montagne. Il est essentiel de ne pas perturber ces zones, qui sont extrêmement délicates. Il est donc crucial d'éviter au maximum.

Le tracé passe au-dessus d'oued Oum El Ksob, on doit passer par deux viaducs et mettre des piles dans l'oued et on a les buses, dalots le long de tracé pour les talwegs alors il y'a une réduction dans l'ouverture des oueds

XIII.2.2 Patrimoine privé :

Dans la plupart des cas, il s'agit de projets routiers et ferroviaires qui traversent des terrains privés et publics et qui exigent l'expropriations des terrains privés et la démolition des bâtiments.

Le projet ferroviaire de **TENOUKLA** se situe dans la zone où l'agriculture est en plein essor. La ligne traverse des terres privées en compagnie de plusieurs fermes, engendrant d'importants dégâts à la nature et aux habitants.

XIII.2.3 Les zones agricoles :

Le développement des zones agricoles en Algérie est crucial en raison de leur importance économique considérable. Mais la mise en place de la ligne de voie ferrée de TENOUKLA peut causer des inconvénients aux agriculteurs et au paysage avoisinant. En plus du remplacement du terrain par des routes, un réarrangement de la morphologie des zones affectées est prévu, ce qui provoquera des interruptions dans certaines zones.



Figure XIII. 1 L'élevage dans la région[19]

XIII.2.4 Le couvert forestier :

Vue la nature semi-aride de la zone la richesse écologique et naturelle des forêts de pins sauvages et de romarin sont très importants. Mais la construction d'infrastructures comme les

[19]Aliment de bétail: augmentation de la ration d'orge subventionnée pour le mois de février (aps.dz)

routes, les voies ferrées et les lignes électriques à un impact négatif sur la couverture forestière, ce qui perturbe les écosystèmes et aggraver la migration des espèces animales.

En raison du déboisement fréquent de la végétation pour la construction d'infrastructures, cela peut causer une diminution de la biodiversité et une détérioration de la qualité des sols.

XIII.2.5 Vibrations et nuisances

Les vibrations et le bruit ce sont les effets les plus dérangeant dans les projets ferroviaires mais dans notre ces effets sont presque négligeable vue que le projet est situé en dehors d'agglomérations, seulement les bergers sont affectés.

XIII.3 Mesures prises en compte :

Pour limiter les différentes répercussions de notre projet sur l'environnement, il est envisageable de mettre en place diverses mesures :

- Il est crucial de bien dimensionné et biens positionné les dalots afin de ne pas dérangé l'écoulement des oueds.
- Le projet a un profile déblai ce qui est participe à l'isolations phoniques et la diminution de bruit.
- Il est important d'organiser des passages souterrains dans les zones agricoles pour de minimiser au maximum les dégâts car ces zones sont particulièrement sensibles.
- En ce qui concerne les zones, forestières, même si les bénéfices économiques immédiats ne sont pas clairs, il est crucial de planifier une opération de reforestation dans les régions affectées.

- Afin de garantir la protection des animaux dans les forêts, La planification d'une clôture complète du linge ferroviaire est d'une importance capitale pour garantir la protection des animaux dans les forêts.

- Il est essentiel de se débarrasser des déchets laissés par les habitations endommagées, que ce soit de la ferraille, du béton ou du bois retirés, ainsi que les rails de l'ancienne voie ferrée, en les dirigeant vers des organismes publics de recyclage.

XIII.4 Conclusion :

L'étude d'impact sur l'environnement est une démarche officielle qui a pour but d'évaluer scientifiquement les effets d'un projet ou d'une activité sur l'environnement. Son originalité réside dans son encouragement aux acteurs publics et privés à intégrer la protection de l'environnement dans leurs stratégies, afin de prévenir les dommages irréversibles causés par les travaux ou les ouvrages.

CHAPITRE XIV
DEVI ESTIMATIF ET QUANTITATIF

XIV.1 Devi estimatif et quantitatif

N°	Désignations des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant HT (DA)
1-INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECUTION					
1	Etude d'exécution	F	1	460,328,865.00	460,328,865.00
TOTAL 1					460,328,865.00
2-TERRASSEMENTS GENERAUX					
2.1	Décapage de terre végétale épaisseur de 0,40 m	M3	82,042.00	530.00	43,482,260.00
2.2	remblai	M3	622,857.00	810.00	504,514,170.00
2.3	Déblai mis en dépôt	M3	6,311,968.00	570.00	3,597,821,760.00
2.4	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme de0,35 à 0,50 m	M3	122,307.00	1,400.00	171,229,800.00
2.5	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation de 0,15 m	M3	41,585.00	3,380.00	140,557,300.00
2.6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast de 0,20 m	M3	53,213.00	3,200.00	170,281,600.00
TOTAL 2					4,627,886,890.00
3-OUVRAGE D'ART					
3.1	PONT RAIL VOUSSOIR PK 23+525 AU PK 23+675	ML	150.00	957,769.00	143,665,350.00
3.2	PONT RAIL VOUSSOIR PK 25+225 AU PK 26+050	ML	850.00	957,769.00	814,103,650.00
3.3	PONT RAIL VOUSSOIR PK 26+200 AU PK 26+950	ML	750.00	957,769.00	718,326,750.00
TOTAL 3					1,676,095,750.00
4-OUVRAGES HYDRAULIQUE					
4.1	Fourniture et mise en œuvre des fossé trapézoïdaux en béton armé	ML	37,496.00	8,400.00	314,966,400.00
4.2	Buses en Béton Armé Ø 1000	ML	69.00	6,600.00	455,400.00
4.3	DALOT (1.5x1), (1.5x1.5), (2x1.5), (2x2), (3x2), (3x3)	M3	756.00	55,200.00	41,731,200.00
4.4	Fourniture et mis en œuvre de tranchée drainant avec buse perforé ϕ 250	ML	1,225.00	22,210.00	27,207,250.00
TOTAL 4					357,153,000.00

5-TRAVAUX DE VOIE					
5.1	Fourniture et pose ballast sur épaisseur de 0,3 m	M3	91,320.00	7,550.00	689,466,000.00
5.2	Pose de voie UIC 60	ML	40,257.00	7,000.00	281,799,000.00
5.3	Soudage électrique	U	4,473.00	1,410.00	6,306,930.00
TOTAL 5					977,571,930.00
6-FOURNITURE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE					
6.1	Fourniture des rails Neufs UIC 60 (60,34 kg/m)	T	4,857.42	330,000.00	1,602,947,940.00
6.2	Fourniture des traverses en bi-block (VAX U31).	U	67,069.00	8,250.00	553,319,250.00
6.3	Fourniture attache Nabla	U	134,138.00	850.00	114,017,300.00
6.4	Fourniture d'un branchement simple type				
	a) UIC 60-500-1/12	U	8.00	26,000,000.00	208,000,000.00
	b) UIC 60-300-1/9	U	3.00	22,000,000.00	66,000,000.00
6.5	Pose d'un appareil de voie simple type				
	a) UIC 60-500-1/12	U	8.00	620,000.00	4,960,000.00
	b) UIC 60-300-1/9	U	3.00	543,300.00	1,629,900.00
6.6	Traverse de garage franc	U	11.00	40,890.00	449,790.00
6.7	Heurtoir	U	1.00	936,690.00	936,690.00
TOTAL 6					2,552,260,870.00
7-BATIMENTS, QUAIS					
7.1	construction Bâtiments de Voyageurs	m2	80.00	92,000.00	7,360,000.00
7.2	quais y compris aménagement annexe	m2	3,150.00	15,000.00	47,250,000.00
TOTAL 7					54,610,000.00
8-SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATION					
8. 01	SIGNALISATION FERROVIAIRE	F	1.00	404,033,214.00	404,033,214.00
TOTAL 8					404,033,214.00
TOTAL					
MONTANT DU PROJET H T					11,109,940,519.00
MONTANT DE LA T. V. A (19 %)					2,110,888,698.61
MONTANT DU PROJET EN TTC					13,220,829,218.00

- Montant en TTC

treize milliards deux cent vingt millions huit cent vingt-neuf mille deux cent dix-huit DA

CONCLUSION GENERAL

CONCLUSION GENERALE

Le secteur ferroviaire est perçu comme un élément clé pour le développement socio-économique, c'est pour cela il est qualifié de secteur très sensible. Des investissements considérables sont en cours de réalisation pour améliorer le service et élargir le réseau et augmenter la capacité.

Le contournement de Ténoukla qui sert à éviter la zone de forte pente des montagnes de Ténoukla en faisant la continuité de projet vers djebel El Onk.

Au cours de notre travail, nous avons fait l'étude APD sur une distance de 19.623 km en effectuant les études nécessaires, telles que l'étude géométrique, pour définir un tracé optimal pour le projet, l'étude géologique et géotechnique qui permet de reconnaître le sol et ses caractéristiques mécaniques, ainsi que l'étude hydraulique qui permet de déterminer les dimensions des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales , sans aucun doute, ces études doivent inclure le dimensionnement de l'assise ferroviaire et l'étude de terrassement terrassements. , à partir desquels on arrivera à la définition du volume total et finalement calculera l'estimation quantitatif et estimatif, chiffrant ainsi avec précision le coût d'investissement du projet.

De plus, nous acquérons une certaine expérience dans l'utilisation de logiciels tels que : Civil 3D, Infraworks, SUBASSEMBLY COMPOSER, GEO STUDIO et l'application des normes UIC et SNTF afin de réussir notre travail.

ANNEXE

Annexe 1

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Axe en plan: rail base
Description: Bouzidi Aymen ; Mentseur Abderrahmane
Plage d'abscisse : Début: 23000.00, Fin: 42623.17

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			23000.00	432804.0290	3916443.6180
DR1	ANG=223.9856 (g)	556.916			
			23556.92	432599.1313	3915925.7641
CLO2	A=250.998				
	R=700.000	90.000			
			23646.92	432567.8254	3915841.4020
ARC3	XC=433233.9274				
	YC=3915626.2085				
	R=700.000	67.822			
			23714.74	432550.1324	3915775.9564
CLO4	A=250.998				
	R=700.000	90.000			
			23804.74	432534.6664	3915687.3120
DR5	ANG=209.6324 (g)	303.221			
			24107.96	432488.9620	3915387.5550
CLO6	A=244.949				
	R=600.000	100.000			

			24207.96	432476.6442	3915288.3476
ARC7	XC=433075.2586				
	YC=3915247.5954				
	R=600.000	988.860			
			25196.82	433080.8574	3914647.6215
CLO8	A=244.949				
	R=600.000	100.000			
			25296.82	433180.6162	3914654.1038
DR9	ANG=94.1008 (g)	309.132			
			25605.95	433488.4218	3914682.7084
CLO10	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			25685.95	433568.1875	3914688.6931
ARC11	XC=433597.6785				
	YC=3913939.2731				
	R=750.000	384.160			
			26070.11	433939.2690	3914606.9676
CLO12	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			26150.11	434009.1406	3914568.0274
DR13	ANG=133.4999 (g)	437.582			
			26587.69	434387.5242	3914348.2454
CLO14	A=248.193				

	R=880.000	70.000			
			26657.69	434447.5785	3914312.2901
ARC15	XC=433975.6783				
	YC=3913569.5181				
	R=880.000	447.544			
			27105.24	434749.5335	3913988.5027
CLO16	A=248.193				
	R=880.000	70.000			
			27175.24	434781.2159	3913926.0884
DR17	ANG=170.9407 (g)	130.593			
			27305.83	434838.7780	3913808.8663
CLO18	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			27385.83	434872.7538	3913736.4506
ARC19	XC=434182.8755				
	YC=3913442.2262				
	R=750.000	308.788			
			27694.62	434932.8478	3913435.7853
CLO20	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			27774.62	434929.3179	3913355.8733
DR21	ANG=203.9420 (g)	544.531			
			28319.15	434895.6214	3912812.3856

CLO22	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			28399.15	434889.2531	3912732.6496
ARC23	XC=434144.2289				
	YC=3912818.8993				
	R=750.000	361.963			
			28761.11	434764.1301	3912396.7353
CLO24	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			28841.11	434716.7832	3912332.2632
DR25	ANG=241.4571 (g)	732.963			
			29574.08	434272.5007	3911749.2988
CLO26	A=244.949				
	R=600.000	100.000			
			29674.08	434214.1364	3911668.1357
ARC27	XC=434719.9647				
	YC=3911345.4319				
	R=600.000	623.221			
			30297.30	434185.2492	3911073.2566
CLO28	A=244.949				
	R=600.000	100.000			
			30397.30	434235.4750	3910986.8205
DR29	ANG=164.7209 (g)	1810.205			

			32207.50	435188.0618	3909447.5280
CLO30	A=252.982				
	R=800.000	80.000			
			32287.50	435229.0162	3909378.8162
ARC31	XC=434528.5527				
	YC=3908992.3567				
	R=800.000	483.117			
			32770.62	435324.5773	3908912.7015
CLO32	A=252.982				
	R=800.000	80.000			
			32850.62	435313.9644	3908833.4176
DR33	ANG=209.5324 (g)	1151.577			
			34002.20	435142.1775	3907694.7260
CLO34	A=248.193				
	R=880.000	70.000			
			34072.20	435130.8194	3907625.6586
ARC35	XC=434266.5738				
	YC=3907791.4283				
	R=880.000	621.440			
			34693.64	434816.5571	3907104.4651
CLO36	A=248.193				
	R=880.000	70.000			
			34763.64	434760.7755	3907062.1836

DR37	ANG=259.5534 (g)	374.938			
			35138.57	434458.9980	3906839.6779
CLO38	A=250.998				
	R=900.000	70.000			
			35208.57	434402.1270	3906798.8732
ARC39	XC=433896.5922				
	YC=3907543.4769				
	R=900.000	225.578			
			35434.15	434201.6496	3906696.7538
CLO40	A=250.998				
	R=900.000	70.000			
			35504.15	434135.2049	3906674.7438
DR41	ANG=280.4612 (g)	341.231			
			35845.38	433809.9193	3906571.6514
CLO42	A=244.949				
	R=750.000	80.000			
			35925.38	433733.2498	3906548.8442
ARC43	XC=433545.0956				
	YC=3907274.8594				
	R=750.000	252.757			
			36178.14	433482.5966	3906527.4680
CLO44	A=244.949				
	R=750.000	80.000			

			36258.14	433403.1722	3906536.9631
DR45	ANG=308.7065 (g)	1536.771			
			37794.91	431880.7502	3906746.4806
CLO46	A=244.949				
	R=1000.000	60.000			
			37854.91	431821.2340	3906754.0657
ARC47	XC=431714.6746				
	YC=3905759.7594				
	R=1000.000	86.834			
			37941.75	431734.6011	3906759.5608
CLO48	A=244.949				
	R=1000.000	60.000			
			38001.75	431674.6035	3906759.5565
DR49	ANG=299.3588 (g)	577.152			
			38578.90	431097.4807	3906753.7434
CLO50	A=250.998				
	R=900.000	70.000			
			38648.90	431027.4857	3906753.9457
ARC51	XC=431053.4171				
	YC=3907653.5720				
	R=900.000	183.727			
			38832.63	430845.6462	3906777.8830
CLO52	A=250.998				

	R=900.000	70.000			
			38902.63	430777.9834	3906795.8020
DR53	ANG=317.3063 (g)	1003.913			
			39906.54	429810.9373	3907065.3636
CLO54	A=244.949				
	R=1000.000	60.000			
			39966.54	429753.3070	3907082.0507
ARC55	XC=430050.5911				
	YC=3908036.8398				
	R=1000.000	147.905			
			40114.44	429615.8491	3907136.2848
CLO56	A=244.949				
	R=1000.000	60.000			
			40174.44	429562.3504	3907163.4436
DR57	ANG=330.5419 (g)	1655.674			
			41830.12	428093.5860	3907927.6348
CLO58	A=250.998				
	R=700.000	90.000			
			41920.12	428012.8892	3907967.4476
ARC59	XC=427730.3578				
	YC=3907326.9978				
	R=700.000	539.103			
			42459.22	427487.2535	3907983.4278

CLO60	A=250.998				
	R=700.000	90.000			
			42549.22	427404.2873	3907948.5906
DR61	ANG=273.3277 (g)	73.944			
			42623.17	427336.7390	3907918.5090

Annexe 2

Listing de Profil en long

Profil en long : FSR
Description: Bouzidi Aymen,Mentseur Abderrahmane
Plage d'abscisse : Début: 23000.00, Fin: 42626.43
LONGUEUR DE L'AXE : 19626.430m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			23000.00	953.809
D1	PENTE= -0.73%	339.715		
			23339.72	951.320
ARC1	S= 23398.07 Z=950.893			
	R= -5060.000	116.696		
			23456.41	951.811
D2	PENTE= 1.57%	3533.941		
			26990.35	1007.435
ARC2	S= 27020.35 Z=1007.907			
	R= -447195.370	60.000		
			27050.35	1008.375
D3	PENTE= 1.56%	8889.694		
			35940.05	1147.105
ARC3	S= 36020.00 Z=1148.352			
	R= -5490.984	159.910		
			36099.96	1147.271
D4	PENTE= -1.35%	3098.153		

			39198.11	1105.385
ARC4	S= 39277.25 Z=1104.315			
	R= -7627.520	158.295		
			39356.40	1104.887
D5	PENTE= 0.72%	988.596		
			40345.00	1112.039
ARC5	S= 40380.00 Z=1112.293			
	R= -9676.110	70.000		
			40415.00	1112.293
D6	PENTE= 0.00%	2211.430		
			42626.43	1112.293

Annexe 3
Stabilité cas déblai (PK30+625)
Stabilité court terme

Paramètres du projet

Système d'unités : Système international d'unités (SI)

Paramètres d'analyse

Analyse SLOPE/W

Genre : SLOPE/W
Méthode : Bishop
Paramètres
- Conditions de pression interstitielle de : (aucun)
- Poids volumique de l'eau : 9,807 kN/m³

Surface de glissement
- Direction du mouvement : De gauche à droite
- Utiliser le mode passif : Non
- Option Surface de glissement : Entrée et sortie
- Surfaces de glissement critiques enregistrées : 1
- Optimiser l'emplacement de la surface glissement critique : Oui
- Paramètres d'optimisation
  - Nombre maximum d'itérations : 2 000
  - Tolérance de convergence : 1e-07
  - Points de départ : 8
  - Points finaux : 16
  - Passages complets par insertion : 1
  - Angle convexe maximum du côté moteur : 5 °
  - Angle convexe maximum du côté résistant : 1 °
- Option de fissure de tension : (aucun)

Distribution
- FS Option de calcul : Constante

Avancé
- Paramètres de géométrie
  - Profondeur minimum de surface de glissement : 0,1 m
  - Nombre de tranches : 30
- Facteur de sécurité Paramètres de convergence du fact. De sécurité
  - Nombre maximal d'itérations : 100
  - Tolérance du facteur de sécurité FS : 0,001

Matériaux

Sable C

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique : 16,15 kN/m³
Cohésion': 6,5 kPa
Phi': 25,83 °
Phi-B: 0 °

Marne C

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 21,1 kN/m³
Cohésion': 175 kPa
Phi': 37 °
Phi-B: 0 °

Dépôt alluvionnaire C

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20,8 kN/m³
Cohésion': 24,42 kPa
Phi': 11 °
Phi-B: 0 °

Charges de surcharge

Surcharge 1

Surcharge (poids volumique): 13 kN/m³
Direction : Vertical

Régions

	Matériau	Aire
Région 1	Dépôt alluvionnaire C	505,56 m²
Région 2	Sable C	1 113,9 m²
Région 3	Marne C	2 010,2 m²
Région 4	Dépôt alluvionnaire C	505,56 m²
Région 5	Sable C	1 113,9 m²

Résultats du glissement

Surfaces de glissement analysées : 325 of 406 convergé

Surface de glissement actuelle

Surface de glissement : 406
Facteur de sécurité : 2,645
Volume : 922,29963 m³
Poids : 16 221,669 kN
Moment de résistance : 1 126 107,9 kN·m
Moment d'activation : 425 672,75 kN·m

Stabilité long terme

Paramètres du projet

Système d'unités: Système international d'unités (SI)

Paramètres d'analyse

Analyse SLOPE/W

Genre: SLOPE/W
Méthode: Bishop
Paramètres
- Conditions de pression interstitielle de: (aucun)
- Poids volumique de l'eau: 9,807 kN/m³

Surface de glissement
- Direction du mouvement: De gauche à droite
- Utiliser le mode passif: Non
- Option Surface de glissement: Entrée et sortie
- Surfaces de glissement critiques enregistrées: 1
- Optimiser l'emplacement de la surface glissement critique: Oui
- Paramètres d'optimisation
  - Nombre maximum d'itérations: 2 000
  - Tolérance de convergence: 1e-07
  - Points de départ: 8
  - Points finaux: 16
  - Passages complets par insertion: 1
  - Angle convexe maximum du côté moteur: 5 °
  - Angle convexe maximum du côté résistant: 1 °
- Option de fissure de tension: (aucun)

Distribution
- FS Option de calcul: Constante

Avancé
- Paramètres de géométrie
  - Profondeur minimum de surface de glissement: 0,1 m
  - Nombre de tranches: 30
- Facteur de sécurité Paramètres de convergence du fact. de sécurité
  - Nombre maximal d'itérations: 100
  - Tolérance du facteur de sécurité FS: 0,001

Matériaux

Sable L

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 16,15 kN/m³
Cohésion': 10 kPa
Phi': 32,91 °
Phi-B: 0 °

Marne L

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 21,1 kN/m³
Cohésion': 129 kPa
Phi': 34,2 °
Phi-B: 0 °

Dépôt alluvionnaire L

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20,8 kN/m³
Cohésion': 29 kPa
Phi': 27,57 °
Phi-B: 0 °

Charges de surcharge

Surcharge 1

Surcharge (poids volumique): 13 kN/m³
Direction: Vertical

Régions

	Matériau	Aire
Région 1	Dépôt alluvionnaire L	505,56 m²
Région 2	Sable L	1 113,9 m²
Région 3	Marne L	2 010,2 m²
Région 4	Dépôt alluvionnaire L	505,56 m²
Région 5	Sable L	1 113,9 m²

Résultats du glissement

Surfaces de glissement analysées: 334 of 406 convergé

Surface de glissement actuelle

Surface de glissement: 406
Facteur de sécurité: 3,133
Volume: 602,11645 m³
Poids: 10 754,33 kN
Moment de résistance: 5 269 535,5 kN·m
Moment d'activation: 1 681 942,1 kN·m

Stabilité Sismique

Paramètres du projet

Système d'unités: Système international d'unités (SI)

Paramètres d'analyse

Analyse SLOPE/W

Genre: SLOPE/W
Méthode: Bishop
Paramètres
- Conditions de pression interstitielle de: (aucun)
- Poids volumique de l'eau: 9,807 kN/m³

Surface de glissement
- Direction du mouvement: De gauche à droite
- Utiliser le mode passif: Non
- Option Surface de glissement: Entrée et sortie
- Surfaces de glissement critiques enregistrées: 1
- Optimiser l'emplacement de la surface glissement critique: Oui
- Paramètres d'optimisation
  - Nombre maximum d'itérations: 2 000
  - Tolérance de convergence: 1e-07
  - Points de départ: 8
  - Points finaux: 16
  - Passages complets par insertion: 1
  - Angle convexe maximum du côté moteur: 5 °
  - Angle convexe maximum du côté résistant: 1 °
- Option de fissure de tension: (aucun)

Distribution
- FS Option de calcul: Constante

Avancé
- Paramètres de géométrie
  - Profondeur minimum de surface de glissement: 0,1 m
  - Nombre de tranches: 30
- Facteur de sécurité Paramètres de convergence du fact. de sécurité
  - Nombre maximal d'itérations: 100
  - Tolérance du facteur de sécurité FS: 0,001

Matériaux

Sable

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 16,15 kN/m³
Cohésion': 6,5 kPa
Phi': 25,83 °
Phi-B: 0 °

Marne

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 21,1 kN/m³
Cohésion': 175 kPa
Phi': 37 °
Phi-B: 0 °

Dépôt alluvionnaire

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20,8 kN/m³
Cohésion': 24,42 kPa
Phi': 11 °
Phi-B: 0 °

Coefficients sismiques

Coef. sismique horiz.: 0,075
Coef. sismique vert.: 0,0255

Charges de surcharge

Surcharge 1

Surcharge (poids volumique): 13 kN/m³
Direction: Vertical

Régions

	Matériau	Aire
Région 1	Dépôt alluvionnaire	505,56 m²
Région 2	Sable	1 113,9 m²
Région 3	Marne	2 010,2 m²
Région 4	Dépôt alluvionnaire	505,56 m²
Région 5	Sable	1 113,9 m²

Résultats du glissement

Surfaces de glissement analysées: 325 of 406 convergé

Surface de glissement actuelle

Surface de glissement: 406
Facteur de sécurité: 1,890
Volume: 940,59877 m³
Poids: 16 597,942 kN
Moment de résistance: 1 098 465,7 kN·m
Moment d'activation: 581 146,54 kN·m

Annexe 4
Stabilité cas remblai (PK24+050)
Stabilité court terme

Paramètres du projet

Système d'unités: Système international d'unités (SI)

Paramètres d'analyse

Analyse SLOPE/W

Genre: SLOPE/W
Méthode: Bishop
Paramètres
- Conditions de pression interstitielle de: (aucun)
- Poids volumique de l'eau: 9,807 kN/m³

Surface de glissement
- Direction du mouvement: De gauche à droite
- Utiliser le mode passif: Non
- Option Surface de glissement: Entrée et sortie
- Surfaces de glissement critiques enregistrées: 1
- Optimiser l'emplacement de la surface glissement critique: Oui
- Paramètres d'optimisation
  - Nombre maximum d'itérations: 2 000
  - Tolérance de convergence: 1e-07
  - Points de départ: 8
  - Points finaux: 16
  - Passages complets par insertion: 1
  - Angle convexe maximum du côté moteur: 5 °
  - Angle convexe maximum du côté résistant: 1 °
- Option de fissure de tension: (aucun)

Distribution
- FS Option de calcul: Constante

Avancé
- Paramètres de géométrie
  - Profondeur minimum de surface de glissement: 0,1 m
  - Nombre de tranches: 30
- Facteur de sécurité Paramètres de convergence du fact. de sécurité
  - Nombre maximal d'itérations: 100
  - Tolérance du facteur de sécurité FS: 0,001

Matériaux

Argile C

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20 kN/m³
Cohésion': 35 kPa
Phi': 12 °
Phi-B: 0 °

Marne C

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 21,1 kN/m³
Cohésion': 175 kPa
Phi': 37 °
Phi-B: 0 °

Remblai

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20 kN/m³
Cohésion': 5 kPa
Phi': 30 °
Phi-B: 0 °

Charges de surcharge

Surcharge 1

Surcharge (poids volumique): 13 kN/m³
Direction : Vertical

Régions

	Matériau	Aire
Région 1	Argile C	984,51 m²
Région 2	Marne C	490,51 m²
Région 3	Remblai	393,3 m²

Résultats du glissement

Surfaces de glissement analysées: 340 of 406 convergé

Surface de glissement actuelle

Surface de glissement: 406
Facteur de sécurité: 1,381
Volume: 581,10839 m³
Poids: 11 622,168 kN
Moment de résistance: 254 459 kN·m
Moment d'activation: 184 263,87 kN·m

Stabilité long terme

Paramètres du projet

Système d'unités: Système international d'unités (SI)

Paramètres d'analyse

Analyse SLOPE/W

Genre: SLOPE/W
Méthode: Bishop
Paramètres
- Conditions de pression interstitielle de: (aucun)
- Poids volumique de l'eau: 9,807 kN/m³

Surface de glissement
- Direction du mouvement: De gauche à droite
- Utiliser le mode passif: Non
- Option Surface de glissement: Entrée et sortie
- Surfaces de glissement critiques enregistrées: 1
- Optimiser l'emplacement de la surface glissement critique: Oui
- Paramètres d'optimisation
  - Nombre maximum d'itérations: 2 000
  - Tolérance de convergence: 1e-07
  - Points de départ: 8
  - Points finaux: 16
  - Passages complets par insertion: 1
  - Angle convexe maximum du côté moteur: 5 °
  - Angle convexe maximum du côté résistant: 1 °
- Option de fissure de tension: (aucun)

Distribution
- FS Option de calcul: Constante

Avancé
- Paramètres de géométrie
  - Profondeur minimum de surface de glissement: 0,1 m
  - Nombre de tranches: 30
- Facteur de sécurité Paramètres de convergence du fact. de sécurité
  - Nombre maximal d'itérations: 100
  - Tolérance du facteur de sécurité FS: 0,001

Matériaux

Argile L

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20 kN/m³
Cohésion': 39 kPa
Phi': 23,6 °
Phi-B: 0 °

Marne L

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 21,1 kN/m³
Cohésion': 129 kPa
Phi': 34,2 °
Phi-B: 0 °

Remblai

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20 kN/m³
Cohésion': 5 kPa
Phi': 30 °
Phi-B: 0 °

Charges de surcharge

Surcharge 1

Surcharge (poids volumique): 13 kN/m³
Direction: Vertical

Régions

	Matériau	Aire
Région 1	Argile C	984,51 m²
Région 2	Marne C	490,51 m²
Région 3	Remblai	393,3 m²

Résultats du glissement

Surfaces de glissement analysées: 340 of 406 convergé

Surface de glissement actuelle

Surface de glissement: 406
Facteur de sécurité: 1,503
Volume: 96,986903 m³
Poids: 1 939,7381 kN
Moment de résistance: 63 057,633 kN·m
Moment d'activation: 41 945,913 kN·m

Stabilité Sismique

Paramètres du projet

Système d'unités: Système international d'unités (SI)

Paramètres d'analyse

Analyse SLOPE/W

Genre: SLOPE/W
Méthode: Bishop
Paramètres
- Conditions de pression interstitielle de: (aucun)
- Poids volumique de l'eau: 9,807 kN/m³

Surface de glissement
- Direction du mouvement: De gauche à droite
- Utiliser le mode passif: Non
- Option Surface de glissement: Entrée et sortie
- Surfaces de glissement critiques enregistrées: 1
- Optimiser l'emplacement de la surface glissement critique: Oui
- Paramètres d'optimisation
  - Nombre maximum d'itérations: 2 000
  - Tolérance de convergence: 1e-07
  - Points de départ: 8
  - Points finaux: 16
  - Passages complets par insertion: 1
  - Angle convexe maximum du côté moteur: 5 °
  - Angle convexe maximum du côté résistant: 1 °
- Option de fissure de tension: (aucun)

Distribution
- FS Option de calcul: Constante

Avancé
- Paramètres de géométrie
  - Profondeur minimum de surface de glissement: 0,1 m
  - Nombre de tranches: 30
- Facteur de sécurité Paramètres de convergence du fact. de sécurité
  - Nombre maximal d'itérations: 100
  - Tolérance du facteur de sécurité FS: 0,001

Matériaux

Argile

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20 kN/m³
Cohésion': 35 kPa
Phi': 12 °
Phi-B: 0 °

Marne

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 21,1 kN/m³
Cohésion': 175 kPa
Phi': 37 °
Phi-B: 0 °

Remblai

Modèle: Mohr-Coulomb
Poids volumique: 20 kN/m³
Cohésion': 5 kPa
Phi': 30 °
Phi-B: 0 °

Coefficients sismiques

Coef. sismique horiz.: 0,075
Coef. sismique vert.: 0,0255

Charges de surcharge

Surcharge 1

Surcharge (poids volumique): 13 kN/m³
Direction: Vertical

Régions

	Matériau	Aire
Région 1	Argile C	984,51 m²
Région 2	Marne C	490,51 m²
Région 3	Remblai	393,3 m²

Résultats du glissement

Surfaces de glissement analysées: 350 of 406 convergé

Surface de glissement actuelle

Surface de glissement: 406
Facteur de sécurité: 1,151
Volume: 571,13993 m³
Poids: 11 422,799 kN
Moment de résistance: 247 850,4 kN·m
Moment d'activation: 215 313,03 kN·m