

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

**Étude de réalisation de la ligne ferroviaire
"Hassi Mefsoukh -Mostaganem " à partir de PK 35+000 au
PK50+000 avec l'aménagement et la conception de la gare
de STIDIA .**

Présenté par :

ABDI Abdellah
HAFSAOUI Maissa

Encadré par :

Mr.DAHMANE Med Fares
Mr.MEDANI SAMI

Promotion 2023 / 2024

ملخص

هذا العمل يندرج في اطار دراسة قسم من خط السكة الحديدية الجديدة الرابطة بين حاسي مفسوخ (وهران) – مستغانم ابتداء من النقطة الكيلومترية 35+000 وصولا الى النقطة الكيلومترية 50+000 على ان يتم تصميم محطة في منطقة ستيديا. بُنيت الدراسة وفق القواعد و الخصائص التقنية المعتمد عليها من قبل الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية (SNTF) و وفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (UIC) و غيرها من أنظمة السكك الحديدية المتقدمة . تم إجراء التصميم الهندسي للمشروع باستخدام برنامج e16.0 COVADIS.

RÉSUMÉ

Le projet objet de ce mémoire vise principalement à réaliser une étude détaillée préliminaire (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire Hassi Mefsoukh – Mostaganem (du PK 35+000 au PK 50+000), incluant l'aménagement de la gare de STIDIA .

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées pour la ligne ferroviaire envisagée sera basée sur les recommandations et les pratiques suivies par la SNTF et d'autres systèmes ferroviaires plus avancés, conformément aux normes de l'Union internationale des chemins de fer (UIC). La modélisation géométrique du projet a été réalisée à l'aide du logiciel COVADIS 16.0e.

SUMMARY

The objective of this thesis project is primarily to conduct a preliminary detailed study (A.P.D) of a section of the new Hassi Mefsoukh – Mostaganem railway line (from PK 35+000 to PK 50+000), including the development of STIDIA station.

The identification of the most appropriate technical characteristics for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices followed by SNTF and other advanced railway systems, in accordance with the standards of the International Union of Railways (UIC). The geometric modeling of the project has been carried out using COVADIS 16.0e software.

REMERCIEMENTS :

Avant tout, nous remercions **ALLAH** pour le courage et la volonté que nous a donné pour terminer ce travail.

Nos remerciements vont :

À Mr. Medani et Mr. Dahmane, qui ont bien voulu encadrer nos travaux et nous ont fait bénéficier de leurs orientations précieuses.

À l'organisme de stage (GCB), qui nous a encadrés et assistés durant toute la période de stage. Leur soutien et leur participation aux entretiens et aux discussions techniques ont été indispensables. Ils nous ont fourni des informations et des idées précieuses qui ont considérablement enrichi ce mémoire.

À mes enseignants, qui ont partagé leurs connaissances et nous ont guidés pour atteindre nos objectifs et réaliser ce mémoire. Leur patience et leur dévouement ont été une source d'inspiration.

Nos pensées vont particulièrement à Mr. Rabah Morsli pour son soutien indéfectible et ses remarques pertinentes. Ses conseils avisés ont été d'une grande importance pour la qualité de notre travail.

Enfin, nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre modeste travail. Leur expertise et leurs retours seront précieux pour notre progression future.

DEDICACE

« Je dédie ce travail À mes très chers parents, pour leur sacrifice, leur disponibilité, et leur soutien tout au long de mon parcours, source de vie, d'amour et d'affection À mes chers frères HOUSSAM, IMAD, ALAA, SIFOU et ma petit sœur RITADJ À mes amis YOUSRA , DOUNIA , SELSABIL, and in the end i wanna thank me»

maïssa

Sous le titre "Fidélité à la famille"

**Ce travail est dédié à mes chers parents « AHMED ET MALIKA »
Sans eux Je n'aurais pas pu atteindre cette étape... Leurs prières incessantes et leur soutien tout au long de mon parcours scolaire et universitaire ont été les principales raisons de mon succès . Je prie ALLAH de les protéger de tout mal . Je dédie également ce travail au membre le plus fort de la famille, mon grand frère "Mohamed El Amine Abdi", ainsi qu'à mon petit frère, l'artiste en devenir "Abdelhak Abdi" et à ma petite sœur que j'aime "Zahia Abdi."**

À mes meilleurs amis :

**AMIN , IMAD , ACHRAF , ANIS , OTHMAN , ABDESSLAM ,
ABDELMALEK , MEHDI , KHADIJA , FADOUA , LUJAIN , HOURIA**

Merci beaucoup pour tout

ABDELLAH ABDI

ABRÉVIATION

INFRAFER : Entreprise publique économique de réalisation d'infrastructures ferroviaires.

ANESRIF : Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires.

SNTF : Société Nationale des Transports Ferroviaires.

UIC : Union Internationale des Chemins de fer.

RPOA : Règlement Parasismique des Ouvrages d'Art.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

ONM : Office National de la Météorologie.

A.P.D : Avant-Projet Détaillé.

IRIP : Inondation par Ruissellement Intense Pluvial.

LTV : Limitation Temporaire de Vitesse.

PK : Point kilométrique.

NPHE : Niveau des Plus Haut Eaux.

TN : Terrain Naturel.

BV : Bassin versant.

ONM : l'Office National de la Météorologie

CRS : Ciment Résistant au Sulfates.

GPS : Géo - Positionnement par satellite.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur.

IDF : Intensité - Durée – Fréquence.

Qps : Débit pleine section.

VPs : Vitesse pleine section.

H/V : Horizontal / Vertical.

VBS : Essai bleu de méthylène.

PU : Puit de reconnaissance.

SC : Sondage Carotté.

SPT : Essai de Pénétration Standard.

CC : Chemin Communal.

RN : Route Nationale.

AEP : Adduction en Eau Potable.

B.V : Bâtiment Voyageurs.

ADV : Appareil De Voie.

GF : Garage Franc

Lu : Longueur Utile.

ERTMS : Européen Railways Traffic Management System.

TABLE DE MATIÈRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : Généralité

I.1 INTRODUCTION.....	3
I.2 L`armement de la voie.....	3
I.2.1 Les rails.....	3
I.2.2 Assemblage des rails.....	5
I.2.3 Les traverses.....	6
I.3 Les lignes électriques.....	7
I.3.1 Caténaires.....	7
I.3.2 Cavaliers.....	7
I.3.3 Dropper.....	7
I.3.4 Câbles de liaison souple.....	7
I.3.5 Pantographe.....	7
I.3.6 Câbles conducteurs.....	7

CHAPITRE II : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1 Introduction :.....	8
II.2 Les causes de l`usure.....	8
II.3 La méthodologie de renouvellement des voies ferrées.....	8
II.4 Opérations de renouvellement.....	9
II.4.1 Les opérations de préparation.....	9
II.4.2 Dégarnissage.....	9
II.4.3 La Substitution des traverses.....	10
II.4.4 Le déchargement du ballast neuf.....	10
II.4.5 Mise à niveau.....	11
II.4.6 La stabilisation–régalage de la voie.....	11
II.4.7 Libération.....	11
II.4.8 Le nivellement complémentaire.....	12

II.4.9 Finition.....	12
II.5 La logistique d'un chantier de renouvellement de voie.....	12
II.6 La sécurité du chantier.....	13
II.7 Conclusion.....	13

CHAPITRE III PRESENTATION DE PROJER

III.1 INTRODUCTION	14
III.2 Description de l'ouvrage.....	14
III.3 Les buts de ce projet.....	15
III.4 Les contraintes de projet.....	15
III.5 Présentation de projet étudié	15
III.6 Présentation de la zone d'étude.....	16
III.6.1 MOSTAGANEM.....	16
III.6.2 STIDIA.	17
III.6.3 EL-MACTAA	17
III.7 Les caractéristiques de projet.....	18
III.7.1 Les caractéristiques de Base.....	18
III.7.2 Caractéristiques de la voie.....	18
III.7.3 Caractéristiques de la super structure	18
III.8 Conclusion.....	19

CHAPITRE IV : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

VI.1 INTRODUCTION	20
VI.2 Tracé en plan:	20
VI.2.1 Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan	21
VI.2.2 Caractéristiques géométriques	21
VI.2.3 Application sur le projet:	22
VI.2.4 Les contraintes le long du tracé:	25
VI.3 Profile en long	27
VI.3.1 Les éléments de composition du profil en long	27
VI.3.2 Application sur le projet:	28
VI.4 Conclusion	28

CHAPITRE V : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

V.1 Etude hydraulique.....	29
V.1.1 Les caractéristiques climatiques et pluviométriques	29
V.1.2 Climat.....	29
V.1.3 La Température	30
V.1.4 L'évaporation.....	30
V.1.5 Le vent	31
V.1.6 La pluviométrie.....	31
V.1.7 L'intensité de pluie (courbe IDF)	32
V.1.8 Les caractéristiques morphologiques des bassins versants	34
V.1.9 CALCUL DES DEBITS DU PROJET:	36
V.2 Etude hydraulique	40
V.2.1 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX.....	40
V.2.2 DRAINAGE LONGITUDINAL.....	45
V.3 CONCLUSION:.....	47

CHAPITRE VI : ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

VI.1 Introduction:.....	48
VI.2 Étude géologique.....	48
VI.2.1 Aperçu géologique régionale.....	48
VI.2.2 Aperçu géologique local	49
VI.2.3 La géologie traversée par la voie de PK 35+000 au PK 50+000	49
VI.2.4 Sismicité.....	49
VI.2.5 Les unités géologiques de sol.....	51
VI.3 L'étude géotechnique.....	51
VI.3.1 Le programme d'investigation.....	51
VI.4 CONTRAINTES GÉOTECHNIQUES	60
VI.4.1 Les zones inondables.....	60
VI.4.2 Agressivité de sol.....	60
VI.5 Conclusion.....	60

CHAPITRE VII : ASSISE FERROVIAIRE

VII 1 –introduction:	61
VII 2 Les couches d’assise ferroviaire.....	61
VII.2.1 Le ballast.....	61
VII.2.2 Sous couche.....	63
VII.2.3 Les géotextiles.....	63
VII.2.4 La plate-forme.....	63
VII 3 - Classification de sol.....	64
VII 4 Classe de portance de la plateforme	65
VII 5 CALCUL DES ÉPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D’ASSISE	66
VII 6 Conclusion.....	67

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS

VIII.1 INTRODUCTION	68
VIII.2 Les élément du profils en travers	68
VIII.3 Le profils en travers du projet d’étude	69
VIII.4 Assise ferroviaire	69
VIII.5 Conclusion.....	70

CHAPITRE IX : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

IX.1 INTRODUCTION	71
IX.2 Les terrassements :	71
IX.2.1 Ouvrages en terre	71
IX.2.2 La stabilité	72
IX.3 Tassement	73
IX.3.1 Pentes de talus:	73
IX.3.2 Compactage	73
IX.4 Les ouvrages	74
IX.4.1 Influence sur le choix du type d’ouvrage	74

IX.4.2 Les ouvrages d'art du projet	75
IX.5 Conclusion :	76

CHAPITRE X : Conception et Aménagement de la Gare

X.1 INTRODUCTION:	77
X.2 Type de gare:	77
X.3 Étude du plan de d'une gare	77
X.3.1 Conditions de conception des gare	78
X.3.2 Installations d'une gare a voyageur	78
X.3.3 Détails sur le gare de STIDIA :	79
X.3.4 Caractéristiques des installations de la gares :	79
X.3.5 Caractéristiques des dispositifs de liaison.....	80

CHAPITRE XI : SIGNALISATION FERROVIAIRE

INTRODUCTION	83
XI.1 Les signaux ferroviaires	83
XI.2 Le BAL « Block automatique Lumineux »	84
XI.3 Le BARP « Block Automatique à Permissivité Restreinte »	86
XI.4 Le Bloc Manuel (BM).	86
XI.5 Voies de manœuvre et Disque.....	87
XI.6 Limitations de vitesses avec des panneaux.....	88
XI.7 Feux clignotants sur voies principales.....	89
XI.8 Plaques d'identification « pour distinguer les signaux d'arrêt ».....	89
XI.9 Autres panneaux ou feux.....	91
XI.10 LE PRINCIPE DU SYSTÈME ERTMS (signalisation moderne).....	92
XI.10.1 LES FONCTIONS D'ERTMS	93
XI.11 CONCLUSION.....	93

CHAPITRE XII : ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 Introduction:	94
XII.2 Situation de la zone d'étude.....	94

XII.3 Description de l'état initial de la zone d'étude.....	94
XII.3.1 L'état physique :	94
XII.3.2 Milieu humain de la région.....	95
XII.4 Localisation de carrière et de gîte d'emprunts	97
XII.5 L'estimation des catégories et des quantités de résidus.....	98
XII.5.1 Air.....	98
XII.5.2 Eau.....	99
XII.5.3 Déchets.....	99
XII. 5.4 Emissions sonores.....	100
XII.6 L'EVALUATION DES IMPACTS PREVISIBLES	100
XII.6.1 Impact sur la qualité de vie.....	100
XII.6.2 Impact sur l'occupation du sol.....	100
XII.6.3 Déplacement forcé de la population.....	101
XII.6.4 Impact sur la flore.....	101
XII.6.5 Impact sur les eaux de surfaces.....	101
XII7 Conclusion.....	101

CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	102
-------------------------------------	-----

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION.....	104
------------------------	------------

LISTE DES FIGURES

Figure N°I 1- La voie ferrée.....	3
Figure N°I 2-l'armement de la voie.....	3
Figure N°I 3-les composants de la section transversale du rail.....	4
Figure N°I 4-Profil rail type UIC60 E1.....	5
Figure N°I 5-les soudures « normales » de rails de même profil.....	5
Figure N°I 6-les soudures de raccord de rails de profils différents	5
Figure N°I 7-Soudures électriques.....	6
Figure N°I 8-Soudage aluminothermique.....	6
Figure N°I 9-Caténaire.....	7
Figure N°II.1-Suite rapide.....	8
Figure N°II. 2-Illustration du dégarnissage de la voie.....	9
Figure N°II. 3-Illustration de la substitution des traverses et de la fixation des LRS.....	10
Figure N°II. 4-Illustration du déchargement du ballast.....	10
Figure N°II. 5-Illustration de la mise à niveau de la voie.....	11
Figure N°II. 6- Les travaux dans la nuit.....	13
Figure N°III- 1-zone d'implantation de projet.....	16
Figure N°III- 2- la foret des dunes de Stidia.....	17
Figure N°IV 1-Les éléments de tracé en plan.....	21
Figure N°IV 2 -Insuffisance de dévers et excès de dévers sur le trace.....	24
Figure N°V 1- Carte Evapotranspiration potentielle	30
Figure N°V 2-Extrait de la carte des pluies du nord de l'Algérie	31
Figure N°V 3-Carte des précipitations annuelles moyennes.....	32
Figure N°V 4- (extrait de la carte établie par l'A.N.R.H en 1993.....	32
Figure N°V 5- Délimitation des bassins versants	34
Figure N°V 6-Schéma d'un ouvrage busé.....	40
Figure N°VI- 1Extrait de la carte géologique de la région.....	48
Figure N°VI- 2-Carte de zonage sismique de l'Algérie.....	50
Figure N°VII- Épaisseurs des composants de la structure d'assise.....	67
Figure N°X 1-Gabarits – Quais Voyageurs.....	80
Figure N°X 2-appareil de voie par traversées.....	81
Figure N°X 3-appareil de voie par branchements.....	81

Figure N°X 4-Les appareil de voie.....	81
Figure N°X 5-Schéma illustratif du garage franc.....	82
Figure N°X 6-Schéma illustratif de la longueur utile.....	82
Figure N°X 7-Schéma de la gare	82
Figure N°XI- 1- la première position.....	83
Figure N°XI- 2- la deuxième position.....	83
Figure N°XI- 3-Block automatique Lumineux.....	84
Figure N°XI- 4-redémarrage autorisé.....	85
Figure N°XI- 5-Arrêt absolu.....	85
Figure N°XI- 6-ralentissement.....	85
Figure N°XI- 7-rappel de ralentissement à 30km/h.....	85
Figure N°XI- 8-Block Automatique à Permissivité Restreinte.....	86
Figure N°XI- 9-Le Bloc Manuel.....	86
Figure N°XI- 11-Voie libre.....	87
Figure N°XI- 10-signal non franchissable.....	87
Figure N°XI- 12-avertissement.....	87
Figure N°XI- 13-un signal particulier.....	88
Figure N°XI- 14-TIVD.....	88
Figure N°XI- 15-TIV.....	88
Figure N°XI- 16-Un feu jaune clignotant.....	89
Figure N°XI- 17-Un feu rouge clignotant.....	89
Figure N°XI- 18- Un feu vert clignotant.....	89
Figure N°XI- 19-un sémaphore de « B » franchissable.....	89
Figure N°XI- 20- les sémaphores de BPR et BM ne sont pas franchissables.....	90
Figure N°XI- 21-Une plaque « NF ».....	90
Figure N°XI- 22- sémaphore de BAL.....	90
Figure N°XI- 23- sémaphore de BAPR.....	90
Figure N°XI- 24-sémaphore de BM.....	90
Figure N°XI- 25-un avertissement de BPR ou BM.	91
Figure N°XI- 26-les tableaux indicateurs de direction à distance.....	91
Figure N°XI- 27-les directions géographiques selon le feu blanc.....	91
Figure N°XI- 28-les panneaux de la gare.....	92
Figure N°XI- 29-le système de contrôle des trains ERTMS.....	92
Figure N°XII - 1- Eventuelle emprunt à Stidia.....	97

Liste des Tableaux.

Tableau N°IV 1-Vitesse des trains maximale.....	21
Tableau N°IV 2-Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF).....	22
Tableau N°IV 3- Tableau récapitulatif des paramètres du tracé.....	25
Tableau N°IV 4-Liste des obstacles à franchir.....	26
Tableau N°IV 5-Longueur minimale des déclivités.....	27
Tableau N°IV 6-Valeurs minimales de rayon pour un raccordement de déclivité.....	28
Tableau N°IV 7-Paramètres géométriques de profil en long (SNTF).....	28
Tableau N°V- 1- Répartition mensuelle de la température (°c).....	30
Tableau N°V- 2-Répartition mensuelle de l'évaporation en (mm).....	30
Tableau N°V- 3-Répartition mensuelle de la vitesse moyenne du vent en (m/s).....	31
Tableau N°V- 4- paramètres de Montana sur différentes période de retour.....	33
Tableau N°V- 5-Valeurs des intensités en mm/h.....	33
Tableau N°V- 6-Courbe IDF (ORAN PEPENIRE : 040502).....	33
Tableau N°V- 7- Les caractéristiques morphologiques des bassins versants.....	35
Tableau N°V- 8-Coefficient de ruissellement en fonction de pente et nature de terrain.....	37
Tableau N°V- 9-RÉSULTATS DE CALCUL DES DÉBITS.....	39
Tableau N°V- 10-Conditions d'auto-curage de l'ouvrage busé (BV N°07).....	41
Tableau N°V- 11- Liste globale des ouvrages busée à projeter.....	42
Tableau N°V- 12- vérification des Conditions d'auto-curage des ouvrages busées.....	43
Tableau N°V- 13- Liste globale des ouvrages projetés.....	44
Tableau N°V- 14- Débit de Plateformes et Talus.....	46
Tableau N°V- 15- Dimensionnement du fossé proposé.....	46
Tableau N°VI- 1-Coefficients d'accélération des zones sismiques en Algérie.....	50
Tableau N°VI- 2Les unités géologiques de sol.....	51
Tableau N°VI- 3- Programme d'investigation géotechnique.....	53
Tableau N°VI- 4-La lithologie des puits de reconnaissance.....	54
Tableau N°VI- 5 Les résultats des essais du laboratoire.....	56
Tableau N°VI- 6-tableaux des résultats des essais chimiques.....	57
Tableau N°VI- 7- Classification Teneur en carbonate (%).....	58
Tableau N°VI- 8- les résultats des essais mécaniques.....	58
Tableau N°VI- 9-Résultats des essais in-situ (SPT&PDL).....	59

Tableau N°VII- 1- Classification selon GTR / UIC.....	64
Tableau N°VII- 2-la classe de la portance de la plate-forme.....	65
Tableau N°VIII 1-Les cubatures des terrassements.....	70
Tableau N°VIII 2-Les cubatures des couches d'assise.....	70
Tableau N°IX 1-Liste des ouvrages d'art.....	75
Tableau N°IX 2-Liste des conduites de GAZ et leur PK.....	76
Tableau N°X 1-Les dimensions des Quais.....	80
Tableau N°XII 1- Description du milieu physique de la région.....	95
Tableau N°XII 2-La répartition des paysages.....	96
Tableau N°XII 3-Ligne électrique.....	96
Tableau XIII N°01 : Devis Quantitatif etEstimatif.....	102

INTRODUCTION GÉNÉRALE :

Lorsque nous évoquons l'un des moyens de transport les plus importants de l'histoire, il est inévitable de jeter un regard sur son évolution à travers les âges et son rôle vital dans la réalisation de l'intégration et du progrès économique. Les chemins de fer, construits sur la base de la technologie de la machine à vapeur à leurs débuts, sont devenus un nerf central du développement économique et social dans de nombreux pays.

Au XIXe siècle, le monde a connu une transformation économique considérable avec le début de la révolution industrielle. Les chemins de fer étaient considérés comme un facteur clé de cette transformation, reliant les villes et les zones industrielles et transportant des marchandises et des matières premières de manière efficace et rapide. Ils ont également contribué à améliorer l'accès aux biens et services et à fournir des opportunités d'emploi à des millions de personnes. Avec le temps, la technologie ferroviaire a évolué pour inclure les trains électriques et les trains à grande vitesse, rendant le transport plus efficace et plus rapide. Malgré les évolutions technologiques, le rôle des chemins de fer en tant que moyen efficace de transport de marchandises et de personnes reste essentiel.

Au fur et à mesure que le monde avance vers le XXIe siècle, les défis auxquels est confrontée l'industrie ferroviaire augmentent. Ces défis comprennent la nécessité de la technologie moderne pour améliorer l'efficacité du transport et réduire les impacts environnementaux négatifs, ainsi que les défis de financement et de maintenance des infrastructures existantes. Les chemins de fer ont joué un rôle important dans la levée de l'isolement des villages et des zones éloignées. Au fil des décennies, les chemins de fer se sont étendus pour atteindre les régions éloignées et isolées, transformant radicalement la vie de leurs habitants.

Les bases du rôle des chemins de fer dans la levée de l'isolement résident dans la fourniture d'un moyen de transport efficace et rapide, permettant aux habitants des régions reculées d'accéder facilement aux services et aux opportunités dans les grandes villes et les centres économiques. Les chemins de fer offrent également de nouvelles opportunités d'emploi et renforcent le commerce et l'économie locale dans ces régions. Un aspect important du rôle des chemins de fer dans la levée de l'isolement est également l'amélioration de l'accès aux services de base tels que l'éducation et les soins de santé. Les habitants des régions éloignées peuvent désormais accéder facilement aux écoles, aux hôpitaux et aux centres médicaux, améliorant ainsi leur qualité de vie et augmentant leurs opportunités de développement et de progrès.

Introduction Générale

L'Algérie, ou comme on l'appelle le pays-continent, possède un réseau ferroviaire d'une longueur totale de 4200 kilomètres. Elle accueillera bientôt une autre ligne de chemin de fer dont la longueur est de 55 kilomètres, traversant trois wilayas, à savoir Oran, Mascara et Mostaganem. Notre sujet a porté sur une étude en phase d'Avant-Projet Détaillé (APD) d'un tronçon de 15 km de ladite ligne, Débutant depuis le point kilométrique 35+000 en passant par la ville de Stidia pour arriver au point kilométrique 50+000 , qui représente la ville de Hassi Mameche, avec l'étude et la conception d'une station à Stidia.

Il est à noter que le maître d'ouvrage délégué pour la supervision de la réalisation de cette nouvelle ligne ferroviaire est Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF).

Le présent travail est constitué de 13 chapitres portant :

Chapitre I et II, comporte tous les fondements et les aspects mobilisés dans cette étude, en plus d'une recherche bibliographique sur notre projet de fin d'études.

Chapitre III, décrit la ligne ferroviaire qui fait objet d'étude.

Chapitre IV et V et VI, traitent les 3 aspects les plus essentiels dans un projet ferroviaire, à savoir l'étude géométrique, hydrologique et hydraulique et enfin géologique et géotechnique.

Chapitre VII et VIII, après avoir évalué le couloir du tracé sous tous les volets, nous traitons le dimensionnement de l'Assise ferroviaire et l'élaboration du profil en travers.

Chapitre IX, détaille la partie des terrassements et ouvrages

Chapitre X, consacre pour la conception et l'aménagement de la gare de STIDIA.

Chapitre XI, traite les systèmes de signalisation.

Chapitre XII, pour que le projet soit respectueux de l'environnement, une étude d'impact sur l'environnement a été réalisée.

Chapitre XIII se penche sur le devis estimatif et quantitatif.

Nous concluons notre travail en mettant en relief l'apport de connaissance et de compétence et l'expérience vécue dont on a eu la chance de bénéficier durant le projet et qui seront fructifères à l'aube de notre parcours professionnel.

CHAPITRE I :
GÉNÉRALITÉ

CHAPITRE I : Généralité**I.1 INTRODUCTION**

Le rôle de la voie est d'assurer, en toute sécurité et confort, la circulation des véhicules de chemin de fer. La voie supporte et guide ces véhicules. Le transport de masses importantes, avec des efforts de traction aussi faibles que possible, exige une table de roulement lisse, dure, uniforme et des tracés en profil s'écartant le moins possible de l'horizontale. De là découle la structure de la voie.



Figure N°I 1- La voie ferrée

I.2 L'armement de la voie

L'armement de la voie comprend les rails, les traverses, les fixations et les ballasts, et constitue une partie essentielle de l'infrastructure ferroviaire, garantissant la sécurité et la fiabilité du transport ferroviaire.

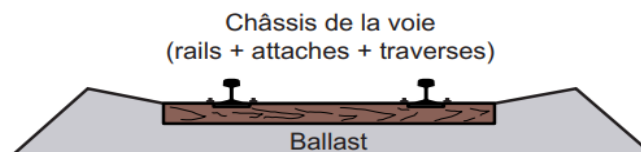


Figure N°I 2-l'armement de la voie

I.2.1 Les rails

Le rail a pour rôle de supporter les charges roulantes tout en assurant leur guidage.

Les composants des rails :

I.2.1.1 Champignon

Le champignon est caractérisé par sa largeur, sa hauteur, l'inclinaison de ses faces latérales ainsi que par le bombement de sa table de roulement.

I.2.1.2 Âme

L'âme est caractérisée par son épaisseur, la forme des congés de raccordement avec le champignon et le patin, et l'inclinaison des portées d'éclissage.

I.2.1.3 Patin

Le patin est essentiellement caractérisé par sa largeur ainsi que par l'épaisseur et la forme de ses ailes. La largeur détermine sa rigidité et sa résistance au déversement.

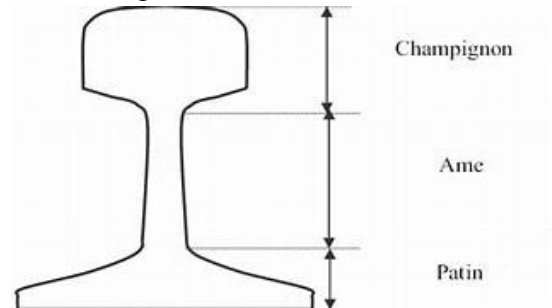


Figure N°I 3-les composants de la section transversale du rail

I.2.1.4 Le profil du rail :

- La hauteur du rail : 172 mm
- La largeur de son champignon (partie supérieure qui reçoit la roue) : 72 mm
- La largeur de son patin (partie inférieure du rail qui repose sur la traverse) : 150 mm
- L'épaisseur de l'âme du rail (partie intermédiaire qui relie champignon et patin) : 16.5 mm
- L'aire de la section totale du rail : 76.7 cm³
- La masse (en kg/m) en norme de l'Union Internationale des Chemins de fer :

UIC. Un rail UIC 60 a une masse linéique de 60.21 kg/ml .

- La nuance d'acier du rail : 260 (carbone-manganèse)
- Moment d'inertie (axe x-x) : 3038.3 cm⁴ • Moment d'inertie (axe y-y) : 512.3 cm⁴
- Résistance à la traction : $R \geq 880 \text{ N/mm}^2$ • Allongement : $R \geq 10\%$

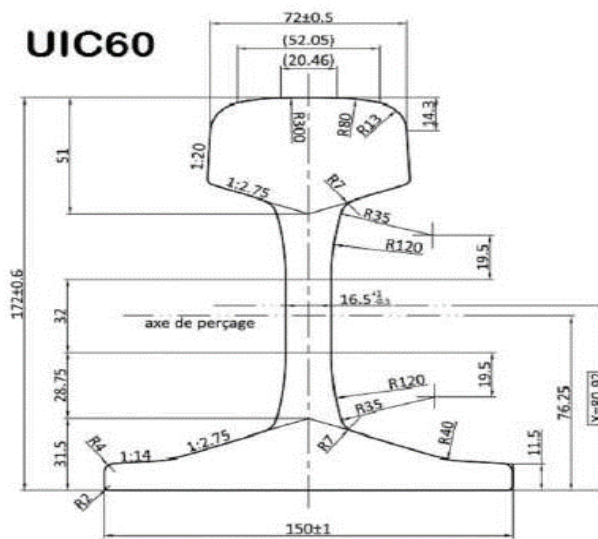


Figure N°I 4-Profil rail type UIC60 E1

I.2.2 Assemblage des rails

I.2.2.1 Éclisses de consolidation de soudure

Elles sont utilisées pour consolider un défaut existant à proximité d'une soudure. Elles existent pour :

- les soudures « normales » de rails de même profil :

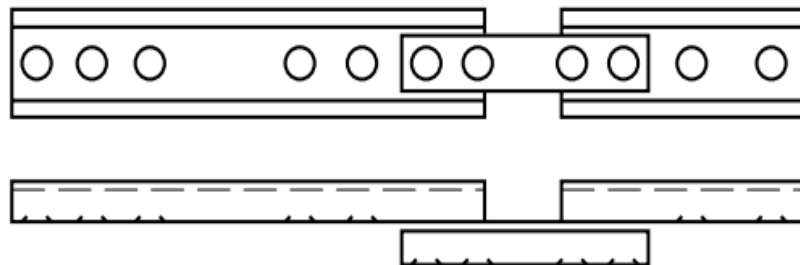


Figure N°I 5-les soudures « normales » de rails de même profil

- les soudures de raccord de rails de profils différents :

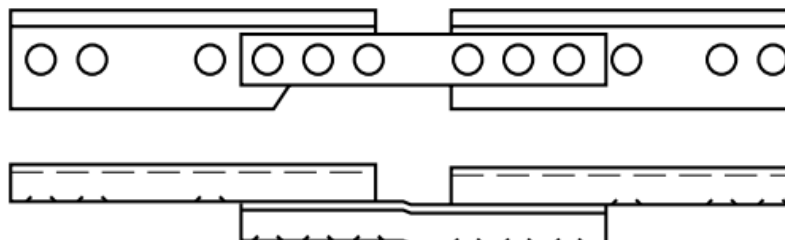


Figure N°I 6-les soudures de raccord de rails de profils différents

I.2.2.2 Soudures électriques

Les rails élémentaires ayant une longueur limitée (36, 80 m), il est nécessaire de les souder les uns aux autres afin de réaliser les LRS. Les rails élémentaires de même profil sont soudés électriquement en atelier sur une chaîne de soudage, en grande partie automatisée.



Figure N°I 7-Soudures électriques

I.2.2.3 Soudage aluminothermique

Le soudage aluminothermique est utilisé pour la réalisation de la quasi totalité des soudures de rails en voie (voie courante et appareils de voie), tant au niveau de la pose que lors des opérations de maintenance. Cette technique est aussi employée en atelier pour la confection des aiguillages de grande longueur et des rails mixtes de profils non unifiés.



Figure N°I 8-Soudage aluminothermique

I.2.3 Les traverses

Les traverses ont pour rôle de transmettre les charges supportées par les rails à la plate-forme. Leur rôle est aussi d'assurer l'écartement de la voie, ainsi que l'inclinaison des rails. Les traverses ont été fabriquées en bois, puis en métal et enfin en béton armé. Les traverses métalliques ne sont plus approvisionnées.

I.3 Les lignes électriques

I.3.1 Caténares

Les caténares sont des câbles supérieurs qui maintiennent une tension constante et qui sont mentionnés comme partie de la solution finale pour éviter les pertes d'énergie inutiles et assurer un approvisionnement en électricité constant au train grâce aux cavaliers.



Figure N°I 9Caténaire

I.3.2 Cavaliers

Les cavaliers sont des éléments qui permettent la transition du fil caténaire au fil de contact. Ils sont mentionnés comme étant capables de fournir l'alimentation électrique au train électrique en couissant à travers le fil caténaire.

I.3.3 Dropper

Le dropper est un câble de connexion qui a la même longueur que la distance entre les fils et est utilisé pour maintenir la forme et la tension des câbles.

I.3.4 Câbles de liaison souple

Les câbles de liaison souple sont utilisés pour maintenir la continuité électrique entre les unités de la conception des lignes électriques.

I.3.5 Pantographe

Le pantographe est un mécanisme qui permet aux trains électriques de se connecter électriquement aux câbles conducteurs.

I.3.6 Câbles conducteurs

Les câbles conducteurs sont des éléments qui transportent l'énergie électrique. Ils sont mentionnés en comparaison avec le système de câbles que l'on observe.

CHAPITRE II :
RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II**II.1 Introduction :**

L'usure des voies ferrées c'est un phénomène très dangereux dans le domaine des infrastructures de base, il menace la stabilité des wagons ainsi la sécurité des voyageurs cela pourrait entraîner des dégâts humains et matériels, c'est pourquoi les autorités concernées travaillent à éviter ces catastrophes, cela se fait en effectuant des inspections et des visites à plusieurs points sur la ligne ferroviaire afin d'assurer leur sécurité, mais dans les cas défavorables il faut faire des opérations de renouvellement.

II.2 Les causes de l'usure :

- Dégradation de la résistance des éléments de structure et ses qualités géométriques
- Augmentation de la charge au fil des décennies
- Fin de durée de vie des éléments constituant de la voie ferrée

II.3 La méthodologie de renouvellement des voies ferrées

Les opérations de renouvellement dépendent de l'utilisation d'une machine « suite rapide », Il s'agit d'une suite de train-engins permettant de réaliser toutes les étapes du chantier de renouvellement d'une voie ferroviaire au fur et à mesure de l'avancement physique sur cette voie.

Il est à noter également l'existence de « suites semi rapides », train-engins réduits opérant sur des chantiers pour lesquels toutes les opérations ne peuvent être « automatisées ».



Figure N°II.1-Suite rapide

II.4 Opérations de renouvellement

II.4.1 Les opérations de préparation

Avant le début du processus de renouvellement, il est nécessaire de retourner la circulation des trains vers des voies alternatives (si elles existent) ou suspendre temporairement le service ferroviaire et informer les voyageurs de la durée de la suspension puis commencer les opérations de préparation comme :

- Les travaux d'assainissement (reprise de la plate-forme sous voie, amélioration ou création de dispositifs d'écoulement des eaux ...)
- Aménagements qualitatifs divers
- Remise à niveau des quais des gares
- Remplacement des appareils de voie, signalisation, électrification

II.4.2 Dégarnissage :

Processus d'élimination des éléments anciens de la voie surtout les rails endommagés, ainsi les composants qui ne sont plus en bon état. C'est une étape de préparation pour l'installation de nouveaux éléments. Cette opération est assurée par la « Dégarnisseuse » de la suite rapide.

- enregistrement de la profondeur de dégarnissage et des caractéristiques géométriques de la voie
- utiliser un système de bandes transporteuses (des wagons transporteuses) pour le chargement et l'évacuation
- calage de la voie à l'aide d'une bourreuse - dresseuse permettant de rétablir la qualité géométrique de la voie.



Figure N°II. 2-Illustration du dégarnissage de la voie

II.4.3 La Substitution des traverses :

Étape consiste à remplacer les composants les traverses usagées, traditionnellement en bois, par des traverses neuves en béton équipées de systèmes automatiques de fixation rail/traverses :

- Utiliser des wagons spéciaux pour approvisionner des traverses par des portiques porte-palettes et les réutiliser dans la récupération des traverses anciennes.
- le rail déposé est positionné en banquette pour être ramassé sur des rames spécialisées
- mise en place et fixation automatique par machine des attaches « fast clip »
- rendement moyen : 900 à 1000 mètres linéaires par jour



Figure N°II. 3-Illustration de la substitution des traverses et de la fixation des LRS

II.4.4 Le déchargement du ballast neuf

Le ballast est déchargé après le remplacement des traverses :

- la quantité de ballast mise en voie doit être suffisante pour la réalisation du profil prescrit par le plan de pose ;
- elle représente quotidiennement l’approvisionnement de 2 trains chargés à 1200 tonnes.



Figure N°II. 4-Illustration du déchargement du ballast

II.4.5 Mise à niveau :

Processus d'ajustement des éléments afin de garantir un alignement correct, une hauteur uniforme et une surface plane. La mise à niveau de la voie implique d'attribuer à celle-ci ses caractéristiques géométriques finales, notamment l'altitude des rails et les rayons de courbure. Cette étape est réalisée en utilisant deux bourreuses-dresseuses de premier niveau. Elle consiste à installer la nouvelle voie à une hauteur finale précise (± 2 cm) par passe de 80 mm maximum. Cette opération comprend la stabilisation et l'ajustement. Voici les Principes de fonctionnement des bourreuses :

- Des pinces actionnées par des vérins hydrauliques saisissent les rails et les placent en fonction des paramètres de tracé préalablement entrés dans l'ordinateur de bord.
- Des "bourroirs", sortes de pioches vibrantes, s'enfoncent dans le ballast fraîchement déchargé et le compactent sous les traverses.
- Une fois le compactage terminé, les pinces relâchent les rails qui restent en position finale.
- Trois passages de bourreuse sont nécessaires pour amener la voie à sa hauteur finale, soit environ 25 cm au-dessus de la hauteur après le remplacement des traverses.



Figure N°II. 5-Illustration de la mise à niveau de la voie

II.4.6 La stabilisation–régalage de la voie :

Après la mise à niveau, si la voie n'a pas atteint un niveau de stabilité satisfaisant, et son ancrage dans le ballast est insuffisant pour permettre la libération des contraintes dans le rail. il faut utiliser un "stabilisateur" qui met la voie en vibration, simulant ainsi le passage d'une centaine de trains de 1000 tonnes pour obtenir sa stabilisation artificielle

II.4.7 Libération :

La libération des contraintes dans les LRS implique de fixer les rails sur les traverses de manière à obtenir un niveau de contrainte mécanique nul dans le métal à une température de référence

(20 à 32 degrés). S'il y avait un martellement des joints dans les voyages en train dans le passé, il disparaîtra dès qu'ils seront soudés.

II.4.8 Le nivellement complémentaire

Il s'agit de la passe finale de nivellement et de dressage exécutée par bourreuse-dresseuse qui permet la circulation des trains à la vitesse autorisée sur la ligne.

II.4.9 Finition :

C'est la dernière étape des travaux, ou les détails finaux sont pris en charge pour garantir que la voie ferrée est entièrement fonctionnelle et sûre.

- réfection éventuelles des pistes de cheminement latérales de la plate-forme.
- ramassage des matériaux.
- régalage des déblais.

II.5 La logistique d'un chantier de renouvellement de voie

Le renouvellement des chemins de fer nécessite l'importation de matériaux de haut qualité (matériaux neufs comme les traverses, ballast neuf, ballast recyclé, rails), garantissant une durée de vie plus longue du projet. Avant cela, il faut nettoyer le site et procéder à l'évacuation des anciens matériaux. En les triant selon ce qui peut être traité ou éliminer conformément aux règles de préservation de l'environnement et faire toutes les procédures administratives nécessaires

L'ordre de grandeur des matériaux nécessaires à l'équipement d'un kilomètre de voie est le suivant :

- 120 tonnes de rails.
- 1.666 traverses en béton.
- 6.700 attaches élastiques.
- 2.500 tonnes de ballast.

Flux nécessaires au fonctionnement d'un chantier de 20 km de voie, en termes d'approvisionnement et d'évacuation de matériel de la suite rapide :

500 rotations de wagons dont :

- 200 pour le ballast.
- 120 pour les traverses.
- 100 pour l'évacuation des déblais.
- 50 pour l'évacuation des rails.
- 30 pour les matériaux divers.

II.6 La sécurité du chantier

Il y a certains pays qui n'ont pas de lignes alternatives. Si la ligne est fermée pour maintenance, le trafic est perturbé, et les voyageurs sont dérangés, surtout si le chemin de fer relie des zones isolées, c'est pourquoi des calendriers de travail chargés sont établis pour achever le travail dans les délais les plus proches. Cela ne peut être réalisé qu'avec deux équipes de travail (une équipe de nuit et une équipe de jour), ce qui oblige tout le monde à prendre les mesures préventives nécessaires pour éviter les accidents sur le chantier et réaliser le triangle d'Or (sécurité, technique, logistique)

- **sécurité** : sécurité du personnel, accompagnement des trains travaux, procédure de sécurité caténaire, agent de passage à niveau ;
- **technique** : suivi technique, encadrement du chantier ;
- **logistique** : approvisionnement en rails, traverses et ballast et évacuation des matériaux obsolètes.

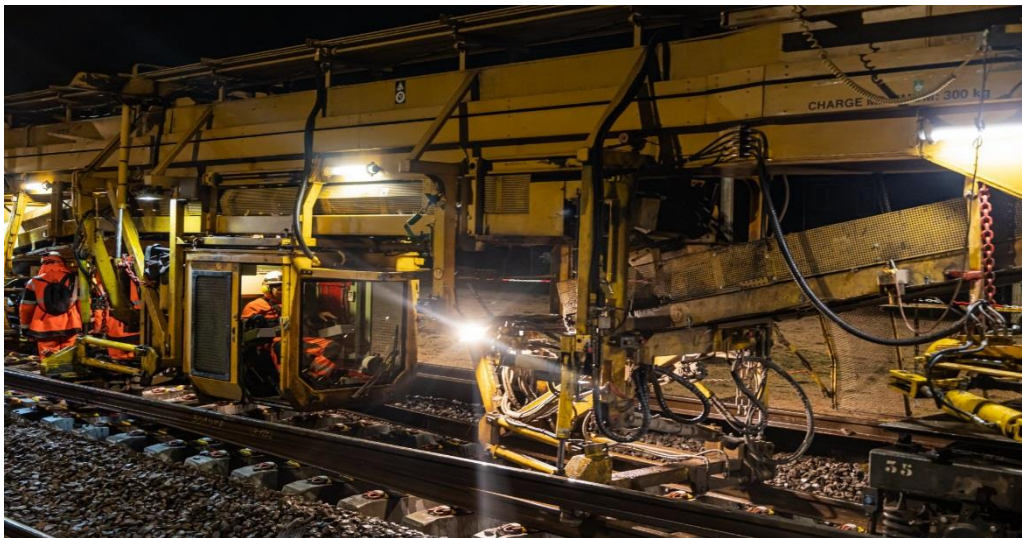


Figure N°II. 6- Les travaux dans la nuit

II.7 Conclusion

Le renouvellement des voies ferrées est inévitable, que ce soit partiellement ou totalement. Cela permet aux trains d'atteindre leurs vitesses maximales, d'accélérer la circulation des trains et d'éviter les retards et les croisements. De plus, cela permet d'augmenter les opérations d'entretien pour garantir la sécurité de la ligne ferroviaire. Dépenser de l'argent pour la rénovation est préférable à le dépenser en compensations en cas de catastrophes.

CHAPITRE III :
PRÉSENTATION DU
PROJET

III.1 INTRODUCTION :

Les chemins de fer sont considérés parmi les moyens de transport les plus importants dans le monde et la destination préférée des voyageurs en raison du confort, de l'économie de temps et d'effort qu'ils permettent. D'un autre côté, ils accélèrent le cycle d'échanges commerciaux (exportations et importations) et augmentent ainsi la productivité.

L'ouest algérien est caractérisé par une activité économique très importante en raison de son emplacement stratégique exceptionnel, ce qui en fait un pilier essentiel de l'économie nationale.

Sur cette base, SONATRACH a créé plusieurs entreprises, notamment :

- HELIOS SPA à Bethioua « Oran »
- Société de Conditionnement et de Commercialisation des Gaz Industriels COGIZ à Oran
- Hyproc Shipping Company HYPROC SC à Oran
- GL2/Z pour la liquéfaction du gaz à Bethioua

Cela a accéléré la construction d'une nouvelle ligne ferroviaire, à savoir la ligne "Hassi Mefsoukh-Bethioua", une ligne de longueur de 12 km à voie unique créée pour faciliter le transport du minerai de fer extrait de la mine de GHAR DJEBILET. Dans ce cas, le train est soumis à une surveillance et à une inspection minutieuse avant d'accéder à la zone industrielle. En plus des nombreuses lignes de transport de passagers qui étaient déjà en place auparavant, et qui accueilleront une autre ligne de 55 km est en cours pour relier Hassi Mefsoukh (Oran) Et la wilaya de Mostaganem en passant par Bethioua, Marsat El Hadjadj , Stidia , Hassi Mamech .

III.2 Description de l'ouvrage

Réalisation d'une desserte ferroviaire mixte à double voie électrifiée (futur dédoublement) entre la ville de Hassi Mefsoukh (gare actuelle) et la ville de Mostaganem d'une longueur d'environ 55 km.

L'objectif de la Desserte Ferroviaire Hassi Mefsoukh-Mostaganem est de connecter les villes de Hassi Mefsoukh et Mostaganem, qui assurent le service de transport ferroviaire voyageurs et de marchandises à la majorité des localités dans le tracé. Le tracé retenu a comme noyaux urbain servie: Hassi Mefsoukh, Ayaïda, Bethioua, Marsat El Hadjadj, Stidia, Hassi Mameche,

Mostaganem centre ville et gare Multimodale de Mostaganem . La vitesse de ligne de la nouvelle Voie peut atteindre 160 km/h pour les trains de voyageurs, et 100 km/h pour ceux du transport de marchandises.

III.3 Les buts de ce projet

- ✓ résoudre les problèmes de déplacement et briser l'isolement des villages de Marsat El Hajjaj et Stidia à cause des difficultés de transport et des problèmes de déplacement depuis 2011.
- ✓ offrir des postes de travail et réduire le pourcentage de chômage.
- ✓ faciliter le transport de marchandises vers le port commercial de Mostaganem.

III.4 Les contraintes de projet

- ❖ milieu naturel : la zone de « El-Mactaa », la forêt de Stidia
- ❖ milieu humain : démolition de quelques logements individuels
- ❖ Ouvrages d'infrastructures linéaires :
 - routes, autoroutes (routes nationales et chemins de wilaya)
 - La voie ferrée de Mohammadia – Mostaganem et la voie de Mohammadia-Arzwe

Le wali de la wilaya de Mostaganem a également souligné que tous les problèmes administratifs ont été traités pour éviter la perturbation des travaux pendant la durée d'exécution du projet (expropriation).

III.5 Présentation de projet étudié :

Le tracé passe en pleine forêt dite de Stidia, située entre le PK36+000 et le PK38+000 , .En sortant de la gare voyageurs de Stidia, le tracé aborde une courbe à gauche de rayon 1800 m, un passage supérieur franchira le projet au PK42.2 et reliera la route nationale N°17 au sud vers le CW24 au nord. Le tracé rencontrera la voie existante de la ligne Mohammadia – Mostaganem à partir du PK41+750 et suit le tracé de l'actuel ligne ferroviaire jusqu'à leur cisaillement au PK45+350. Le tracé Hassi Mafsoukh – Mostaganem passe sur la voie existante Mohammadia-Mostaganem ainsi que la Route Nationale N°17 par un ouvrage d'art en deux travées

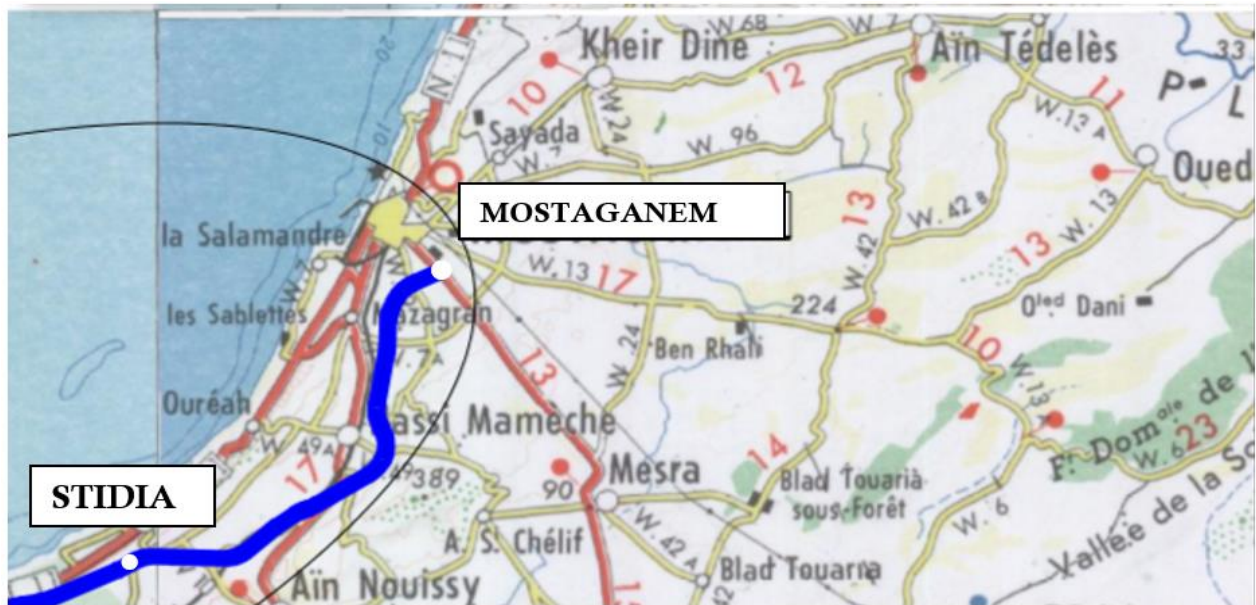


Figure N°III- 1-zone d'implantation de projet

III.6 Présentation de la zone d'étude

III.6.1 MOSTAGANEM

La wilaya de Mostaganem se situe au nord-ouest du pays. Elle est délimitée :

- au nord, par la Méditerranée ;
- à l'ouest, par la wilaya d'Oran ;
- à l'est, par la wilaya de Chlef ;
- au sud, par les wilayas de Mascara et Relizane;

Une ville côtière donnant sur la mer Méditerranée, située à environ 80,9 km d'Oran, elle est la deuxième plus grande ville de l'ouest algérien et la quatrième plus grande ville côtière d'Algérie. La ville abrite le deuxième plus grand port de l'ouest de l'Algérie, l'un des ports les plus importants d'Algérie et d'Afrique du Nord. Son économie repose largement sur le tourisme, étant l'une des destinations touristiques les plus prisées en Algérie, et dans une moindre mesure sur le transport maritime, la pêche maritime et le commerce.

Les reliefs de la wilaya se divisent en 4 zones selon deux principales directions :

- Les plateaux : les plaines basses de la région occidentale et les plateaux de Mostaganem.
- Les montagnes : les monts de l'Atlas et les plaines de la région orientale.

III.6.2 STIDIA

Le village de Stidia est situé à 62 km d'Oran et à 14 km de Mostaganem. Stidia fait partie des municipalités situées dans les plaines basses de l'Ouest Ce village contient une forêt très importante, caractérisée par sa grande diversité biologique et sa beauté naturelle. D'autre part, cette forêt est un abri pour de nombreux animaux. C'est une région exceptionnelle pour de nombreuses espèces rares et menacées. Par ailleurs, elle joue un rôle essentiel dans la préservation de l'équilibre écologique et la fourniture de services de médecine traditionnelle.



Figure N°III- 2- la foret des dunes de Stidia

III.6.3 EL-MACTAA

Notre tracé traverse une zone très rare dans le nord de l'Afrique, c'est la zone de Mactaa qui a été protégée par l'UNESCO en raison de ses caractéristiques naturelles distinctives. La zone se trouve à 16 km de Stidia et à 26 km de Mostaganem . Elle se distingue par :

- des marécages et prairies humides sur neuf miles alimentés deux cours d'eau permanents.(l'Oued Mebtouh à l'Ouest, et l'Oued El Hammam à l'Est)
- la biodiversité.
- un abri pour plusieurs oiseaux aquatiques (marmaronetta angustirostris , ruddy shelduck tadorna ferruginea)
- la présence de nombreuses espèces végétales rares (cakile maritima , Ephedra distachya)
- un pâturage pour le bétail des habitants.

III.7 Les caractéristiques de projet

III.7.1 Les caractéristiques de Base

- Longueur 15 Km.
- Caractéristiques géométriques selon les recommandations de la SNTF et les standards UIC.
- Pont-rail et pont-route prévus pour double voie.
- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Traction actuellement diesel, avec possibilité de future électrification.

III.7.2 Caractéristiques de la voie

- ✓ La ligne ferroviaire sera électrifiée dans le futur il y a lieu de tenir compte du gabarit électrifié pour la caténaire 1x25 KV ou 2x25 KV.
- ✓ La voie normale sera construite à écartement normal $e = 1435$ mm en alignement.
- ✓ Vitesse de conception du tracé pour le trafic voyageur 160 km/h
- ✓ Vitesse de conception du tracé pour le trafic marchandises 100 km/h
- ✓ Longueur maximale des trains marchandises 800 m
- ✓ Charge à l'essieu de conception en pleine voie 22.5 t
- ✓ Charge à l'essieu de conception pour les ouvrages 25 t
- ✓ Ouvrage d'art Pour double voie
- ✓ L'entraxe est de 4.00 m en voie principale, et variable dans les faisceaux de voie.
- ✓ La largeur de la plate-forme en double voie est fixée à 13,40 m avec un entraxe de 4,00 m.
- ✓ Une bande 700 mm sera prévue pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunications et électrification ; l'axe des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de 3.25 m de l'axe de la voie.
- ✓ Un cheminement de 0.70 m sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement

III.7.3 Caractéristiques de la super structure

III.7.3.1 Rails :

En pleine voie et en gares, rail UIC 60 E1 (60,21 kg/m).

III.7.3.2 • Traverse :

- Traverses bi-bloc en béton armé de type VAX U31.

III.7.3.3 Attache :

Attaches élastiques de type NABLA.

III.7.3.4 Semelle :

Semelle élastique en élastomère d'une épaisseur de 9 mm, collé sur la table d'appui des traverses.

III.7.3.5 Appareils de voie :

Choisis dans la gamme ci-après :

- UIC 60 190 1/9 avec une vitesse de 50 km/h.
- UIC 60 500 1/12 avec une vitesse de 65 km/h.

III.8 Conclusion

La concrétisation de ce projet dans la réalité résoudra les problèmes de déplacement auxquels ont été confrontés les habitants de Stidia, Marsat El Hadjadj et Hassi Mameche en raison des difficultés de se déplacer vers les grandes villes depuis plus d'une décennie. C'est là que le rôle des autorités publiques dans la résolution des problèmes des citoyens et leur prise en considération apparaît clairement.

CHAPITRE IV : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

VI.1 INTRODUCTION :

Le chapitre géométrique, englobant les principes et les techniques utilisés pour concevoir et analyser les formes, les dimensions et les positions des structures et des infrastructures. La géométrie joue un rôle central dans la planification et la réalisation de projets tels que les routes, les ponts, les bâtiments et les réseaux de transport, en assurant que ces ouvrages répondent aux exigences de fonctionnalité, de sécurité et d'esthétique.

L'étude géométrique inclut plusieurs aspects clés :

- **Tracé et Alignement**
- **Profil en Long et Profil en Travers**
- **Courbes Horizontales et Verticales**
- **Dimensionnement des Structures**

La maîtrise de la géométrie est cruciale pour le succès des projets, car elle permet d'optimiser les coûts de construction, d'améliorer la performance et la durabilité des infrastructures, et de minimiser l'impact environnemental. En abordant les principes géométriques, ce chapitre fournit les bases nécessaires pour comprendre et appliquer les concepts fondamentaux qui sous-tendent la conception et la réalisation des ouvrages.

Cette étude repose sur une approche méthodologique basée sur des normes et recommandations spécifiques, notamment celles établies par la norme SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires). Son objectif est de trouver le tracé le plus économique tout en répondant aux exigences des normes internationales applicables au domaine ferroviaire.

VI.2 Tracé en plan:

Le tracé en plan d'une voie ferrée correspond à la projection orthogonale de l'axe de la voie sur un plan horizontal. Il se compose généralement d'une alternance de segments droits et d'arcs de cercle, reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif. Chaque ligne ferroviaire est caractérisée par deux vitesses :

- V_R : vitesse des trains rapides (voyageurs)
- V_L : vitesse des trains lents (marchandises)

VI.2.1 Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan :

pour faire un bon tracé, économique et technique dans les normes, on doit respecter les recommandations suivantes :

Eviter le maximum le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible afin d'éviter la réalisation des ouvrages d'arts, dans le cas où était inévitable le franchissement s'effectuera perpendiculairement à la ligne d'écoulement ou bien des endroits les plus étroits.

- Respecter le rayon et les longueurs minimum recommandées par la SNTF.
- Utiliser le maximum d'alignement.
- Eviter les zones qui présentent des problèmes géologiques.
- Minimiser les problèmes des talus :
 - Talus en déblai (la présence de nappe, de roche fissurée ou des terrains plastiques)
 - Talus en remblais (évités les terrains instables et les sols compressibles)

VI.2.2 Caractéristiques géométriques :

le tracé en plan est un ensemble d'alignements droits raccordés entre eux par des arcs et des courbes de raccordements

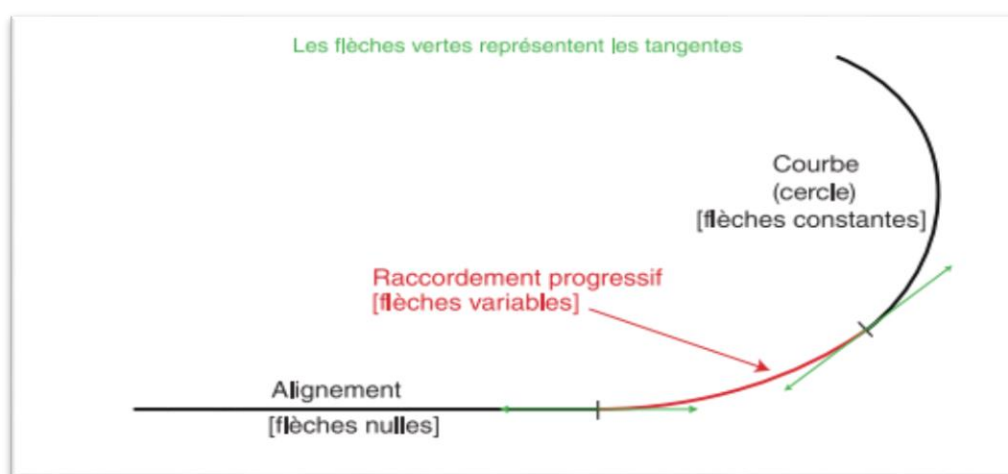


Figure N°IV 1-Les éléments de tracé en plan.

Pour une vitesse V du train on établit les paramètres géométriques qui sont fixés par les recommandations de la SNTF qui assure la stabilité et le confort des trains et les voyageurs.

Tableau N°IV 1-Vitesse des trains maximale.

Vitesse voyageurs V_V	160 Km
Vitesse marchandises V_m	100 Km

Tableau N°IV 2-Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF).

	Formule		Application	
	Normal	Exceptionnel	Normal	Exceptionnel
Dévers pratique maximal d (mm)	-	-	160	180
$R_{min} = \frac{11.8 \times V_{max}^2}{d_{max} + I_{max}}$ (m)	$\frac{11.8 \times V_{max}^2}{d_{max} + I_{max}}$	$\frac{11.8 \times V_{max}^2}{d_{max} + I_{max}}$	974	888
Longueurs minimales des alignements (m)	$\frac{V_{max}}{2}$	$\frac{V_{max}}{3}$	80	53
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	$\frac{V_{max}}{2}$	$\frac{V_{max}}{3}$	80	53
Insuffisance de dévers admissible I (mm)	-	-	150	160
Excès de dévers admissible E (mm)	-	-	110	130
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur (mm/m)	$\frac{180}{V_{max}}$	$\frac{216}{V_{max}}$	1,125	1,350
Limite de la variation d'insuffisance de dévers (mm/s)	-	-	75	90

Avec :

- D_{max} : Le dévers pratique maximal.
- L_{min} : La longueur minimale des éléments de tracé (alignement, pleines courbes).
- I_{max} : L'insuffisance de dévers admissibles.
- E_{max} : L'excès de devers admissible.
- R_{min} : Le rayon minimum.
- $(\frac{dd}{dl})_{max}$: La limite de la variation de dévers par rapport à la longueur.
- $(\frac{dI}{dt})_{max}$: La limite de la variation d'insuffisance de divers par rapport au temps.

VI.2.3 Application sur le projet:

Notre projet qui relie STIDIA – HASSI MAMECH au PK 35+000 jusqu'au PK 50+000 avec une longueur 15 Km.

VI.2.3.1 Description Détaillée de Notre Tracé :

Notre trace commence en alignement droit apres aborde une courbe a droite de rayon 2400 m
Après on sortant de la gare voyageurs de **Stidia**, le tracé aborde une courbe à gauche de rayon 1800 m, un passage supérieur franchira le projet au PK42.2 et reliera **la route nationale N°17** au sud vers le **CW24** au nord. Le tracé rencontrera le voie existante de la ligne **Mohammadia – Mostaganem** à partir du PK41+750 et suit le tracé de l'actuel ligne ferroviaire jusqu'à leur cisaillement au PK45+350.

Le tracé Hassi **Mafoukh – Mostaganem** passe sur la voie existante **Mohammadia-Mostaganem** ainsi que **la Route Nationale N°17** par un ouvrage d'art en deux travées. À partir du PK46+717,683 le tracé amorce une courbe à gauche et une contre courbe à droite de rayons respectifs 2000 m et 1300 m, puis entre en gare Mixte de **Hassi Mameche**.

Selon la SNTF et pour une vitesse de 160 Km/h le rayon minimum est de $R_{min}=974m$.

On prend un exemple de calcul pour un rayon de 1500 m, juste pour illustrer les différentes étapes de calcul pour la détermination du devers et tous les paramètres correspondant :

VI.2.3.2 Application sur le rayon R= 1500 m:

➤ **Dévers théorique :** $d_{th} = \frac{11.8 \times v_{max}^2}{R} = \frac{11.8 \times 160^2}{1500} = 201.38 \text{ mm}$

➤ **Le coefficient de dévers :** $C = 0.006 \times V_{max}^2 = 153.6$

La valeur de C doit être un multiple de 15 :

Alors dans ce cas en prend $C = 165$

$$0.5 < \frac{c}{0.0118 \times V_{max}^2} < 0.7 \dots \dots \dots 0.5 < \frac{c}{0.0118 \times V_{max}^2} = 0.55 < 0.7 \text{ ok}$$

➤ **Dévers pratique :** $d_p = \frac{1000 \times c}{R} = \frac{1000 \times 165}{1500} = 110 \text{ mm}$

$$d_p < D_{max} \text{ donc on prend : } d_p = 110 \text{ mm.}$$

➤ **Insuffisance de dévers :** $I = d_{th} - d_p = 201.38 - 110 = 91.38 \text{ mm}$

➤ **Excès de devers :** $E = d_p - \frac{11.8 \times V_{min}^2}{R} = 110 - \frac{11.8 \times 100^2}{1500} = 31.33 \text{ mm}$

➤ **La longueur de clothoïde :** $L_{rp} = \frac{d_p}{\frac{da}{dl}} = \frac{d_p}{180/V_{max}} = \frac{110}{1.125} = 97.78 \text{ m}$

On prend : $L_{rp} = 110 \text{ m}$

- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur** : $\frac{dd}{dl} = \frac{110}{110} = 1 \text{ mm/m}$
- **La variation d'insuffisance de dévers** : $\frac{dl}{dt} = \frac{dl}{dl} \times \frac{V_{max}}{3.6} = \frac{91.38}{110} \times \frac{160}{3.6} = 44.44 \text{ mm/s}$

N.B : Des tronçons de notre tracé en plan sont joints en plans format A3.

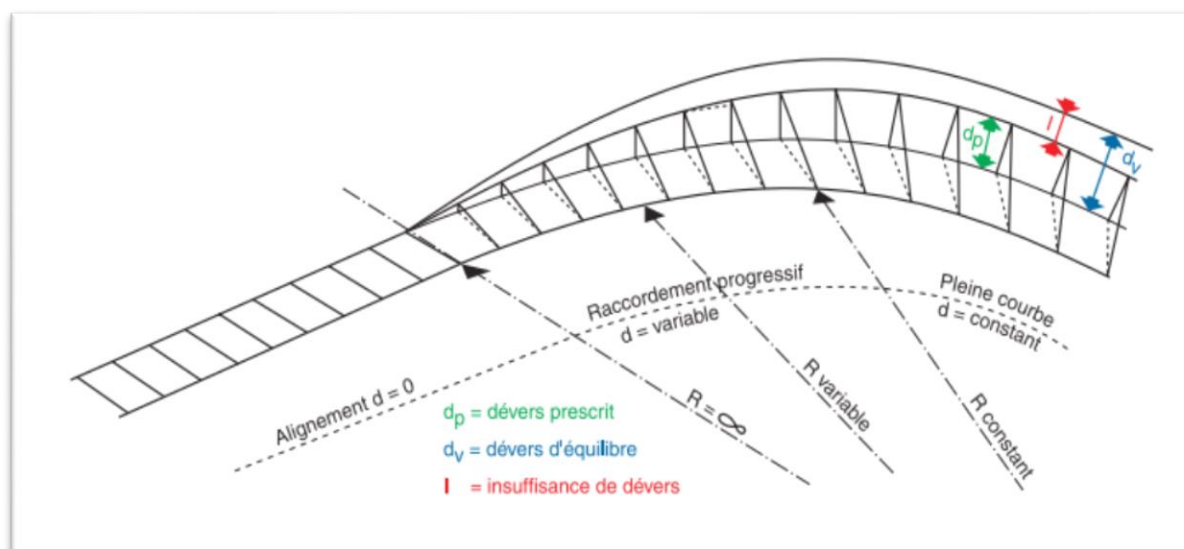


Figure N°IV 2 -Insuffisance de dévers et excès de dévers sur le tracé.

Le listing des paramètres et des dévers correspondant à chaque rayon qui se trouve pour le tracé en plan du tronçon d'étude sont présentés dans le tableau suivant :

Les éléments de tracé en plan :

Les éléments constitutifs du tracé en plan d'une voie ferrée comprennent des segments linéaires et des courbes qui sont généralement reliés entre eux par des éléments de transition.

L'alignement : Un alignement droit dans le tracé en plan d'une voie ferrée correspond à une courbe de rayon infini ($R=\infty$).

Arc de cercle : Lorsqu'un train se déplace à une certaine vitesse, lui et ses passagers sont soumis aux effets de la force centrifuge $F_c = \frac{mVv^2}{R}$ dans les courbes.

Dévers Théorique : Le dévers requis pour compenser intégralement la force centrifuge est déterminé par la formule théorique de : $d_{th} = \frac{11.8 V^2}{R}$ mm pour une voie normale.

- **V** : la vitesse en km/h.
- **R** : le rayon de la courbe en m.

Tableau N°IV 3- Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

	1	2	3	4	5	6	7	8
Rayon (m)	2400	1800	1300	2900	1200	2000	1300	1500
Vitesse Km/h	Max	160	160	160	160	160	160	160
		Min	100	100	100	100	100	100
dth (mm)	125,87		167,82	232,37	104,17	251,73	151,04	232,3
C	153,60							
C adopté	165							
Vérificatin C	0,55							
	✓ Ok							
dp (mm)	68,75	91,67	126,92	56,90	137,5	82,50	126,9	110
dp adopté	70	100	130	60	140	90	130	110
I (mm)	55,87	67,82	102,37	44,17	111,7	61,04	102,3	91,36
E (mm)	20,83	34,44	39,23	19,31	41,67	31	39,23	31,33
Lrp (m)	62,22	88,89	115,56	53,33	124,4	80	115,5	97,78
Lrp adopté	70	100	130	60	140	90	130	110
dd/dl (mm/m)	1	1	1	1	1	1	1	1
dI/dt (mm/s)	35,47	30,14	35,00	32,72	35,47	30,14	35	36,92

NB : le tracé a été réalisé à l'aide du logiciel COVADIS 16.0e et les éléments du tracé en plan sont annexés au présent document

VI.2.4 Les contraintes le long du tracé:

Les contraintes sur le tracé représentent

Tableau N°IV 4-Liste des obstacles à franchir.

Obstacle à franchir	PK	Ouvrage Projeté / mesures prévues
Piste a dévier	36+140.359	Passage inferieur
Piste a supprimer	37+389.420	
	39+110.216	
	39+398.021	
	43+560.293	
	44+455.015	
	48+690.224	
Route a dévier	40+216.598	Passage supérieure
	40+435.577	
	42+134.737	
Route a supprimer	41+545.992	
	41+936.540	
	42+754.177	
	43+111.576	
	46+516.328	
	46+796.574	
	47+683.750	
	48+125.837	
	48+177.291	
	49+171.845	
49+623.699		
Route existante RN.17	45+410.717	Ouvrage d`art
Ligne rail existant (Mohammadia-Mostaghanem)	45+351.854	Ouvrage d`art
Lignes Electrique de type (MT/ BT)	37+843.192 au 49+876.108	Prendre les mesures de sécurité recommandées. Possibiliser de : ➤ Déplacer ➤ Protéger
Conduites de gaz	47+406	➤ Protéger
	48+543	

VI.3 Profil en long :

Le profil en long est crucial dans les projets ferroviaires, influençant à la fois les aspects techniques, financiers et environnementaux. Il permet de déterminer le tracé optimal de la voie ferrée en tenant compte des caractéristiques topographiques du terrain, réduisant ainsi les contraintes de construction et les coûts associés.

De plus, il impacte directement les performances du système ferroviaire, en facilitant des vitesses constantes et en améliorant le confort des passagers. Par ailleurs, le profil en long est essentiel pour estimer précisément les coûts du projet, établir un budget adéquat et gérer efficacement les ressources nécessaires. En somme, une conception soignée du profil en long est indispensable pour le succès des projets ferroviaires, garantissant un tracé optimal, des performances efficaces, une gestion financière rigoureuse et une protection environnementale appropriée.

VI.3.1 Les éléments de composition du profil en long :

VI.3.1.1 Les alignements droits :

• Déclivité constante

Afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités, une longueur minimale de déclivité constante est à prévoir. Cette longueur, exprimée en m, est fixée à :

Tableau N°IV 5-Longueur minimale des déclivités.

Longueur minimum des éléments du profil en long	
Valeur maximale normale	$V/2=80$ m
Valeur maximale exceptionnelle	$V/2.5=64$ m

• Raccords de déclivités

Leur longueur doit, en principe, être d'au moins 30 m pour tenir compte des bases de nivellement

VI.3.1.2 Les cercles :

Lorsque la différence de déclivité entre deux plans successifs est importante, on intercale un raccordement circulaire pour éviter que la voie ne présente une cassure.

Le raccordement circulaire est obligatoire dès que :

- $\Delta p > 2 \text{ ‰}$ si $140 < V \leq 220$.
- $\Delta p > 3 \text{ ‰}$ si $100 < V \leq 140$.
- $\Delta p > 4 \text{ ‰}$ si $V \leq 100$.

- p est la valeur de la pente en ‰ (ou mm/m), Δp est la valeur absolue de la différence des pentes.

Tableau N°IV 6-Valeurs minimales de rayon pour un raccordement de déclivité.

Rayon minimum vertical	
Valeur maximale normale	$0.35 V^2 = 8960 \text{ m}$
Valeur maximale exceptionnelle	$0.25 V^2 = 6400 \text{ m}$

VI.3.2 Application sur le projet:

Tableau N°IV 7-Paramètres géométriques de profil en long (SNTF).

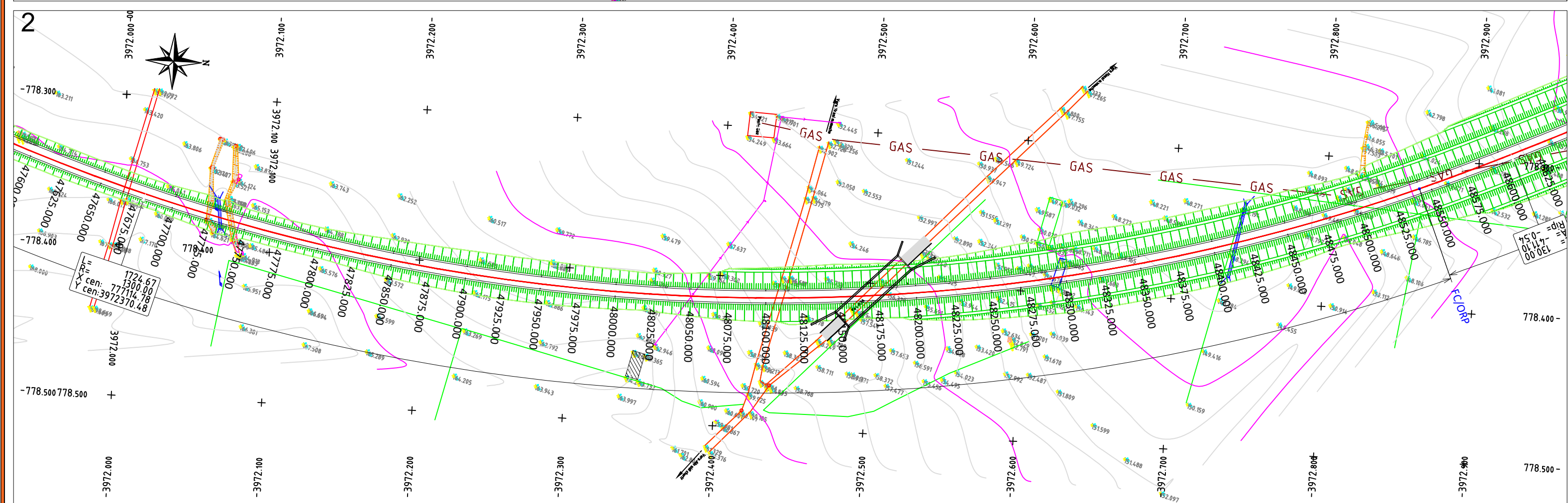
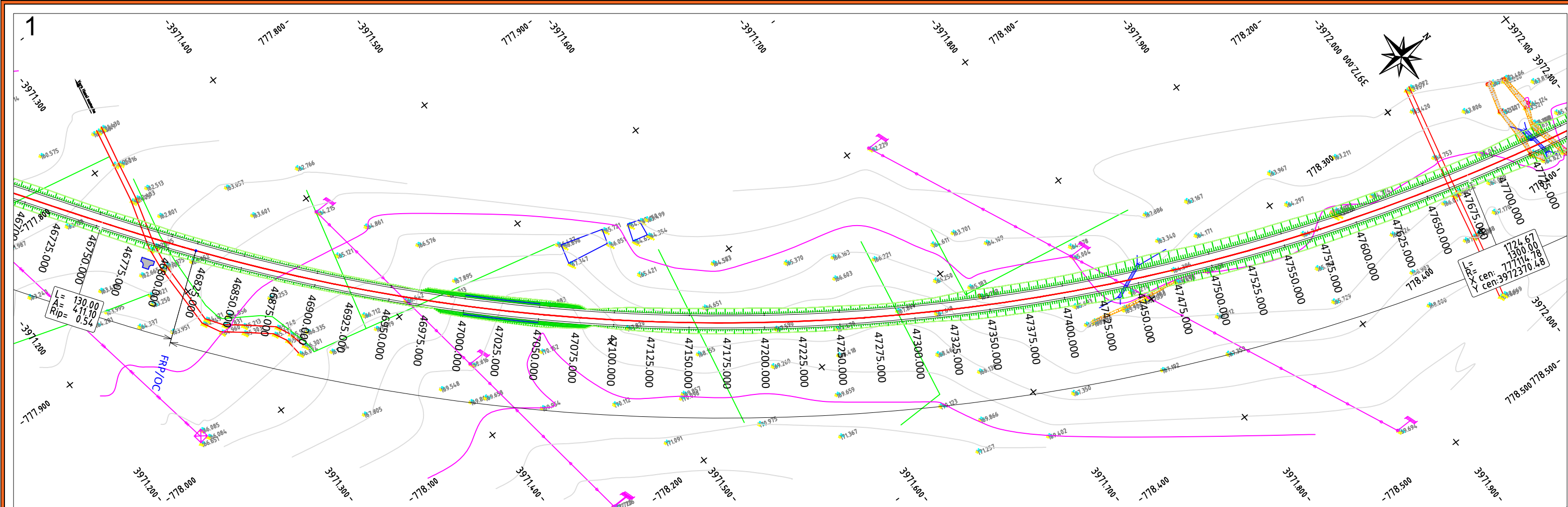
		D_{max}				R_{min} (m)	L_{min} (m)
		$L < 3000$ m	$3000 \text{ m} < L < 15000$ m	$L > 15000$ m	Gares	-	-
Formule	Normal	-	-	-	-	$0.35V^2$	$V/2$
	Exceptionnel	-	-	-	-	$0.25V^2$	$V/2,5$
Application	Normal	16 ‰	16 ‰ à 13 ‰	13 ‰	0	8960	80
	Exceptionnel	18 ‰	18 ‰ à 15 ‰	15 ‰	0	6400	64

D_{max} : La déclivités

VI.4 Conclusion :

L'étude géométrique, en tant que discipline, combine des principes mathématiques et d'ingénierie pour garantir une performance optimale des voies, la sécurité des passagers et des marchandises, ainsi qu'une efficacité maximale du réseau ferroviaire.

Dans ce chapitre, nous avons exploré les divers aspects de l'étude géométrique de la voie ferroviaire. Cela inclut la détermination des alignements horizontaux et verticaux, le calcul des courbes, des contre-courbes et des transitions, ainsi que la prise en compte de facteurs tels que les pentes, les dévers et les tolérances géométriques.



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

Etude de réalisation de la ligne ferroviaire
 HASSI MEFSOUKH - HASSI MAMACH du PK
 35+000 du 50+000 avec la conception de la
 gare STIDIA

Réalisé par

HAFSAOUI Maissa
 ABDI Abdellah

Encadré par

MR F.DAHMANE

Echelle

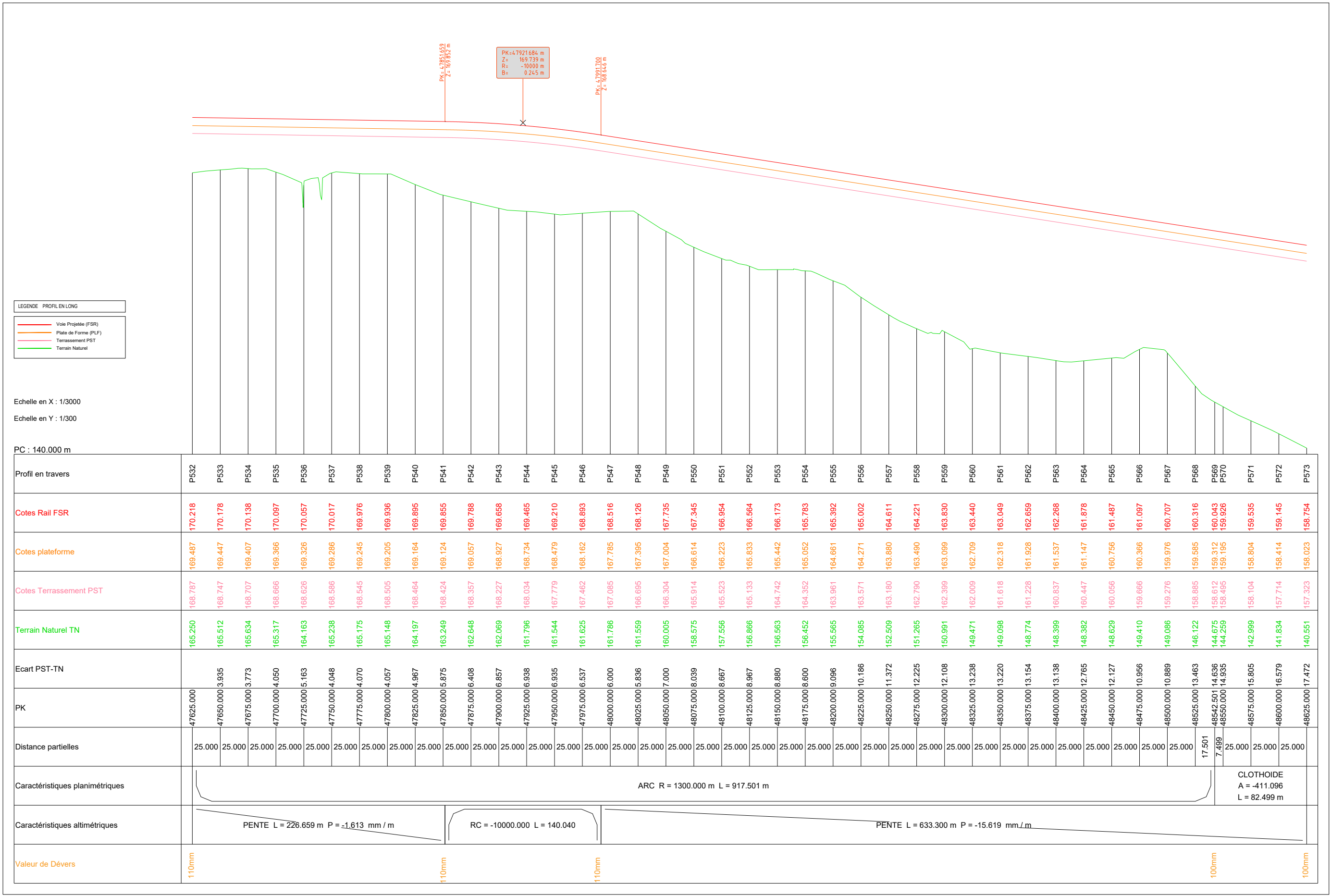
1/2500

N° Planche

1- du PK46+725 au
 PK47+725
 2- du PK 47+625 au
 PK48+625

Année universitaire

2023 / 2024



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 de réalisation de la ligne ferroviaire HASSI MEFSOUKH - HASSI MAMACH du PK 35+000 au 50+000 avec la conception de la gare STIDIA	HAFSAOUI Maissa ABDI Abdellah	MR F.DAHMANE	1/1000	1	2023 / 2024

CHAPITRE V :
ÉTUDE HYDROLOGIQUE
ET HYDRAULIQUE

Introduction

L'augmentation des précipitations est un défi incontournable pour les ingénieurs en période d'études, car les inondations sont au sommet des facteurs essentiels pouvant menacer la sécurité des infrastructures et des chemins de fer. L'intensité des pluies entraîne l'accumulation d'eau dans les zones basses et peut submerger les voies ferrées, entraînant ainsi l'arrêt et la paralysie du trafic ferroviaire pendant une période prolongée en raison des opérations de maintenance. Même les ponts ne sont pas à l'abri de ce phénomène, car l'élévation du niveau des eaux des rivières peut entraîner l'affaissement des ponts ferroviaires, entraînant ainsi des pertes matérielles et humaines considérables. C'est là que se manifeste le rôle des études hydrologiques et hydrauliques dans la conception de systèmes de drainage efficaces visant à garantir la sécurité des chemins de fer et la durabilité du projet.

Notre étude sera décomposée en deux parties. L'étude hydraulique qui permet de calculer les débits de période de retour de 100 ans, et une deuxième partie, l'étude hydrologique qui permet de dimensionner les ouvrages de drainage

V.1 Etude hydraulique

L'Etude hydraulique constitue le processus d'obtention des débits de crue pour les différents éléments de drainage projetés. Pour cette étude, on souligne l'importance des bassins versants, la pluviométrie et les caractéristiques du terrain.

Une étude hydraulique approfondie permet d'acquérir une connaissance détaillée des caractéristiques climatiques et pluviométriques d'une région spécifique. En analysant ces paramètres, les hydrologues sont en mesure de comprendre la dynamique des eaux, d'évaluer leur disponibilité et d'anticiper les éventuels risques liés aux inondations, à la sécheresse ou à d'autres phénomènes hydrologiques.

V.1.1 Les caractéristiques climatiques et pluviométriques

V.1.2 Climat

Le climat de la région est classé comme méditerranéen sub-humide dans la région de Mostaganem, en passant à méditerranéen semi-aride et même aride vers l'intérieur (régions de

Mascara et de Relizane, respectivement). Cet aspect sera spécialement important dans le type de sols qui se développent dans la région.

V.1.3 La Température :

De manière générale le climat de la région est de type méditerranéen se caractérisant par un été sec et chaud et un hiver humide pluvieux.

La température moyenne de la région est de 17°C et la répartition mensuelle obtenue à partir du rapport de synthèse météorologique au niveau de l’O.N.M,

Tableau N°V.1 : Répartition mensuelle de la température (°c)

Mois	sep	Oct	nov	Déc	jan	Fév	mars	avr	mai	jun	jui	aout
T(c°)	22.04	18.24	13.17	10.35	9.27	9.96	12.72	14.3	18.64	23.74	26.27	25.83

V.1.4 L'évaporation :

L'évaporation totale mesurée sur la lame d'eau libre au niveau de la région peut atteindre 2072.2 mm/an.

Tableau N°V.2 :Répartition mensuelle de l'évaporation en (mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	déc	jan	Fév	mars	avr	Mai	jun	jui	aout	L'année
EV(mm)	146	98	88	90	88	120	130	204.7	280.7	312.3	292	187	2036.7
EV(%)	9.02	7.12	4.87	4.32	4.53	4.38	6.03	7.14	9.88	13.55	15.07	14.09	100.00

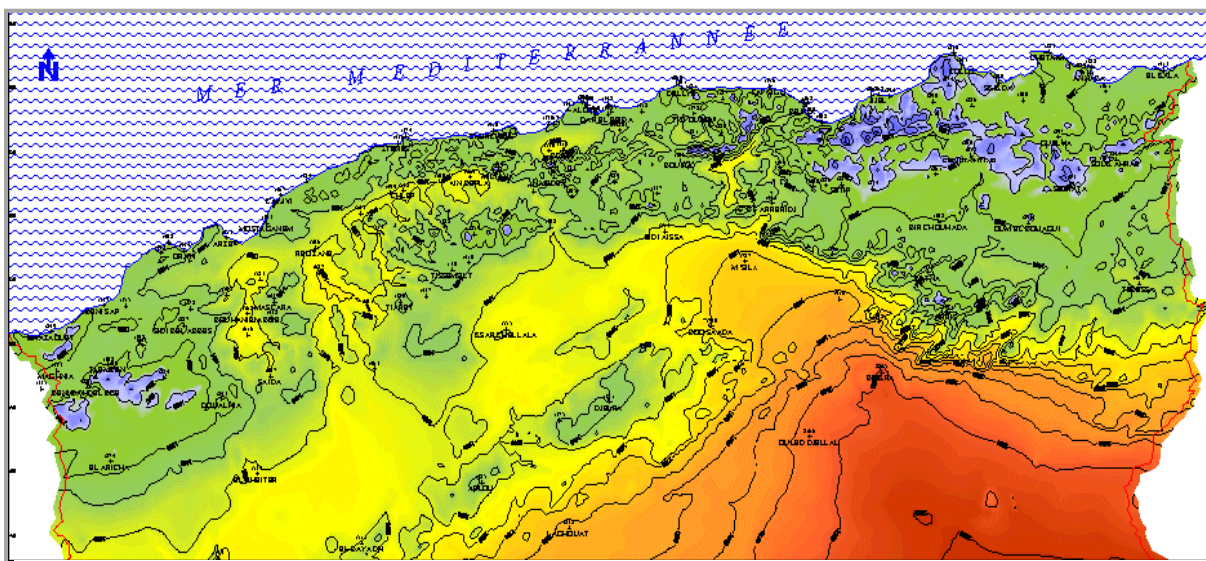


Figure N°V 1- Carte Evapotranspiration potentielle (Extrait de la carte d’ETP de l’ANRH)

V.1.5 Le vent

La vitesse moyenne du vent varie pendant l’année entre 2.28 et 2.92 m/s et la vitesse moyenne mensuelle du vent est de 2.52 m/s ou de 9.08 km/h.

Tableau N°V.3 : Répartition mensuelle de la vitesse moyenne du vent en (m/s)

Mois	sep	Oct	nov	Déc	jan	fév	mars	avr	Mai	jun	jui	aout	L’année
Vitesse (m/s)	2.29	2.39	2.38	2.53	2.84	2.28	2.47	2.92	2.74	2.66	2.44	2.32	2.52
Vitesse (km/h)	8.24	8.60	8.57	9.11	10.22	8.21	8.88	10.51	9.88	9.58	8.78	8.35	9.08

V.1.6 La pluviométrie

Le facteur climatologique essentiel reste la pluviométrie, il constitue à lui seul un grand volume d’informations. L’étude des précipitations vise plusieurs objectifs et notamment l’évaluation des moyens pluviométriques inters-annuel pour apprécier les potentialités en eau de la zone d’étude, le régime des précipitations pour la programmation des travaux agricoles et autres travaux publics et de la construction.

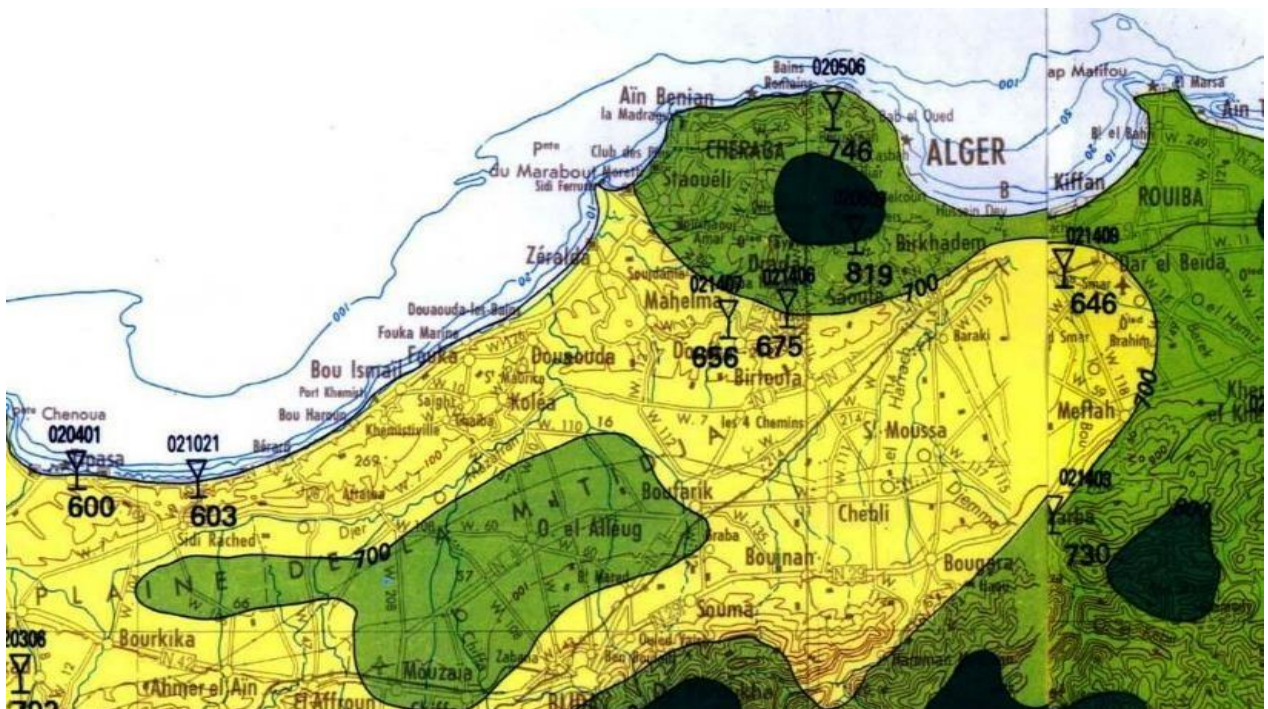


Figure N°V 2-Extrait de la carte des pluies du nord de l’Algérie (source ANRH) Précipitations Mensuelles.

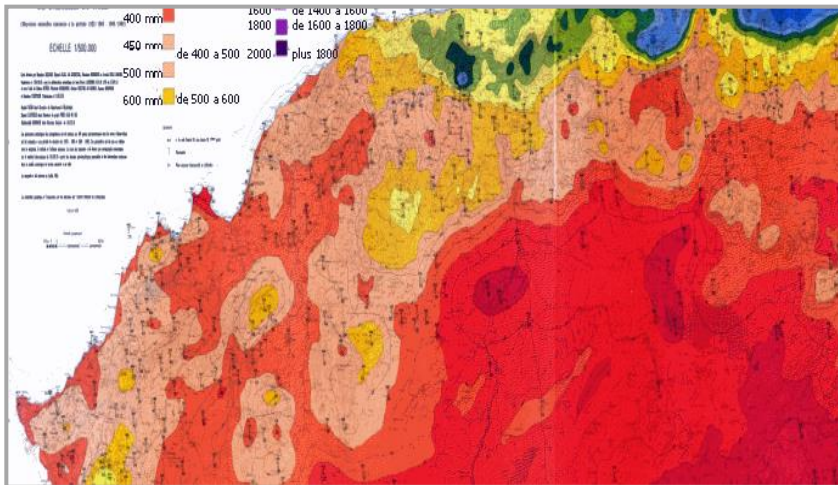


Figure N°V 4-Carte des précipitations annuelles moyennes

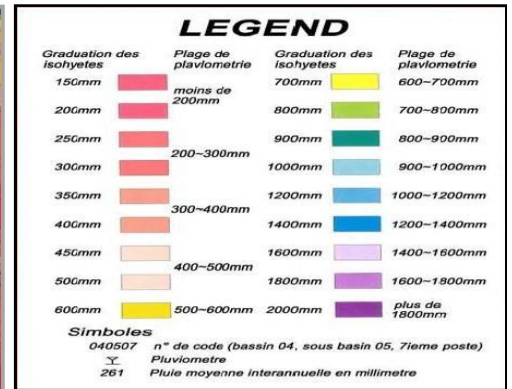


Figure N°V 3- (extrait de la carte établie par l’A.N.R.H en 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au 31 août 1989)

V.1.7 L’intensité de pluie (courbe IDF)

L’analyse des pluies de courtes durées présente pour l’ingénieur, c’est un intérêt particulier pour le dimensionnement de réseaux d’assainissement des eaux pluviales. La recherche de la loi Intensité - Durée - Fréquence s’effectue sur la base des enregistrements pluvio-graphiques . Pour chaque durée fixée on sélectionne la valeur maximale par averse. On obtient ainsi une série de données pour chaque pas de temps sur toute la période dépouillée.

- ❖ Pour le calcul de l’intensité moyenne de précipitation nous utilisons la formule de MONTANARI :

$$I_{t,p\%} = \frac{P_{max,j}}{24} \times \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1}$$

Avec :

$I_{t,p\%}$: Intensité moyenne de précipitation pour une averse de fréquence (p%).

$I_{24,p\%}$: Intensité moyenne de précipitation pour une journée de fréquence (p%) donnée.

t : durée de l’averse en heure,

b : exposant climatique de la région (b=0.30)

$P_{max,j}$: la précipitation maximale enregistrée pendant une période de temps donnée

- ❖ Le calcul de $I_{24,p\%}$ se fait suivant la formule suivante :

$$I_{24,p\%} = \frac{P_{max,i}}{24}$$

La loi Intensité-Durée-Fréquence (IDF) est une exponentielle décroissante dont les coefficients a et b sont dits paramètres de Montana

$$i(t,T) = a(T) / t^b$$

I(t,T) : Intensité de pluie exprimée en mm/h

T : période de retour exprimée en années

t : temps exprimé en heures,

« a » et « b » : paramètres de Montana.

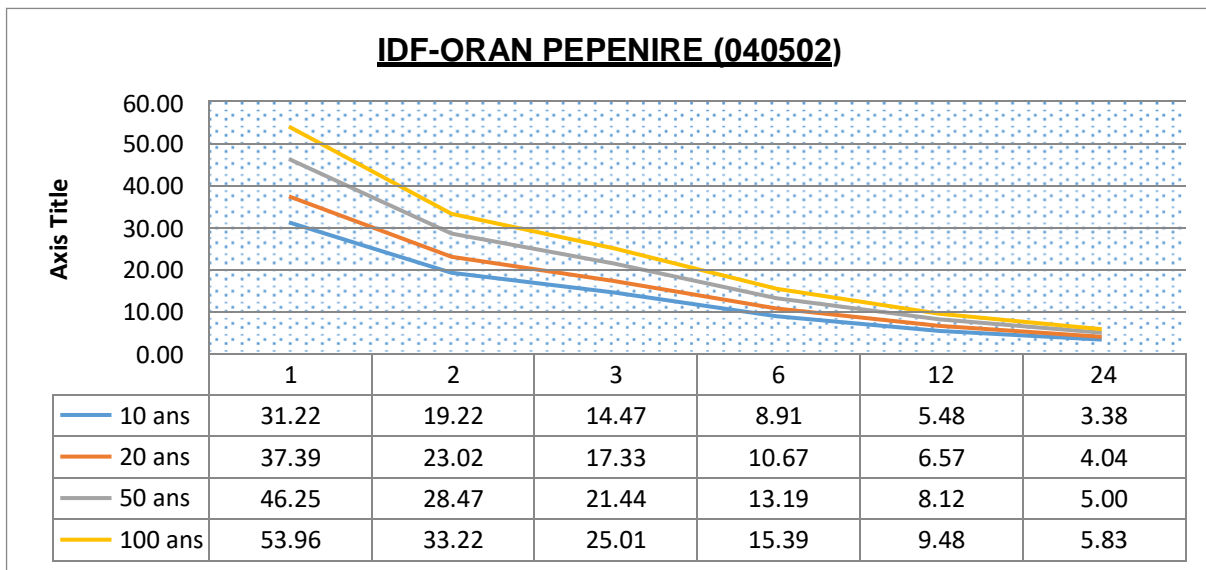
Tableau N°V.4 : paramètres de Montana sur différentes période de retour.

Période de retour	pépinière Oran040502	
	a	B
10	31.22	0.70
20	37.39	0.70
50	46.25	0.70
100	53.25	0.70

Tableau N°V.5 : Valeurs des intensités en mm/h .

Période de Retour	Fréquence	0.25 h	0.50 h	1.00 h	2.00 h	3.00 h	6.00 h	12.00 h	24.00h
10 ans	0,90	82.39	50.72	31.22	19.22	14.47	8.91	5.48	3.38
20 ans	0,95	98.67	60.74	37.39	23.02	17.33	10.67	6.57	4.04
50 ans	0,98	122.05	75.13	46.25	28.47	21.44	13.19	8.12	5.00
100 ans	0,99	142.40	87.66	53.96	33.22	25.01	15.39	9.48	5.83

Tableau N°V.6 : Courbe IDF (ORAN PEPENIRE : 040502)



V.1.8 Les caractéristiques morphologiques des bassins versants :

Le bassin versant agit comme un collecteur en absorbant les précipitations et en les transformant en écoulements qui convergent vers l'exutoire, le point où le bassin versant se déverse. Cette transformation est influencée par les conditions climatiques et les caractéristiques physiques spécifiques du bassin versant.

La détermination des caractéristiques des bassins versants vise à calculer et évaluer les paramètres explicatifs indispensables à l'évaluation des débits de crue. Les paramètres physiques, qui peuvent être calculés avec une précision satisfaisante, sont essentiels pour cette évaluation.

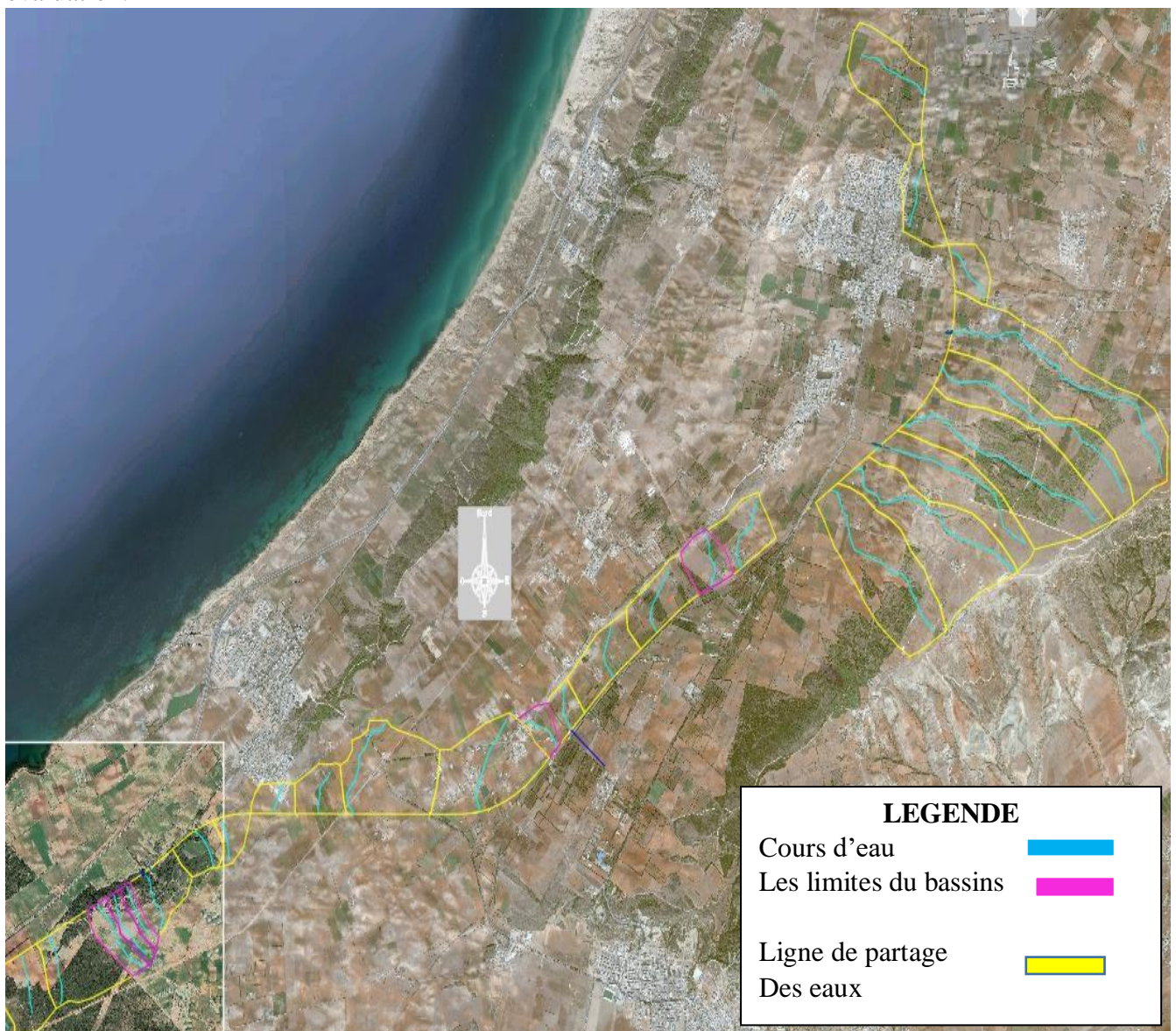


Figure N°V 5- Délimitation des bassins versants

Tableau N°V- 7- Les caractéristiques morphologiques des bassins versants.

N°BV	PK	S (km2)	L (km)	$\Delta h(m)$	P(m)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	H _{moy} (m)	Pente (%)
1	35+006.230	0,23	0,539	61,778	1980	113.189	51.411	82.3	11.462
2	35+538.740	0,339	0,518	59,153	2379	112.410	53.257	82.8335	11.419
3	35+886.250	0,474	0,607	47,886	2935	104.239	56.353	80.296	7.889
4	36+499.970	0,00164	0,752	30,707	1968	111.136	80.429	95.7825	4.083
5	36+680.150	0,113	0,665	34,767	1767	111.214	76.447	93.8305	5.228
6	36+850.000	0,074	0,483	46,493	1479	117.346	70.853	94.0995	9.626
7	37+060.010	0,266	0,54	47,731	2074	118.966	71.235	95.1005	8.839
8	37+739.280	0,167	0,369	36,519	1582	114.793	78.274	96.5335	9.897
9	38+050.000	0,111	0,371	16,897	1521	113.100	96.203	104.6515	4.554
10	38+622.320	0,116	0,27	10,781	141	116.798	106.017	111.4075	3.993
11	39+167.290	0,201	0,408	18,354	1803	126.487	108.133	117.31	4.499
12	39+565.840	0,698	0,988	23,53	3316	136.472	112.942	124.707	2.382
13	40+984.520	0,71	0,869	30,537	3475	150.177	119.640	134.9085	3.514
14	42+004.545	0,111	0,447	16,041	1402	148.028	131.987	140.0075	3.589
15	42+234.850	0,118	0,391	22,841	1384	153.059	130.218	141.6385	5.842
16	42+888.540	0,307	0,455	29,473	2443	160.300	130.827	145.5635	6.478
17	43+503.180	0,311	0,589	33,286	2377	164.964	131.678	148.321	5.651
18	44+224.220	0,19	0,492	17,275	1674	155.179	137.904	146.5415	3.511
19	44+620.260	0,267	0,676	17,367	2148	159.195	141.828	150.5115	2.569
20	45+808.870	0,993	1,812	140,749	4267	289.183	148.434	218.8085	7.768
21	46+108.980	1.005	2,198	152,979	5198	304.835	151.856	228.3455	6.960
22	46+464.240	0,675	1,194	161,485	4576	318.487	157.002	237.7445	13.520
23	46+793.940	1,292	2,442	162,043	5765	324.438	162.395	243.4165	6.636
24	47+453.890	0,814	2,441	163,636	5602	328.283	164.647	246.465	6.704
25	47+750.000	1,362	2,965	162,777	6645	327.516	164.739	246.1275	5.490
26	48+432.350	0,17	0,545	23,113	1647	171.406	148.293	159.8495	4.241
27	49+194.830	0,25	0,568	1,799	2295	137.048	135.249	136.1485	0.317
28	49+819.830	0,516	0,817	54,204	3069	188.947	134.743	161.845	6.635

❖ Les paramètres sont les suivants :

↪ S (Km²) : Surface.

↪ P (m) : Périmètre.

↪ L (Km) : Longueur du plus long talweg.

↪ H_{max}, H_{min} et H_{moy} (m) : Altitude max, min et moyenne.

↪ P (%) : Pente du talweg principal.

V.1.9 Calcul des débits du projet:

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs ayant des effets plus ou moins déterminants sur la formation des crues, notamment, la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versant, la géologie, etc, les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on se propose d'appliquer les formule édictées dans le guide de l'assainissement routier de Sétra, connues par leur large utilisation dans les projet de drainage routiers en Algérie qui sont fonction de la surface des bassins versant comme suit :

Formule rationnelle :

La méthode rationnelle est la méthode de transformation pluie-débit la plus connue et la plus utilisée, Elle suppose que la pluie est uniformément distribuée sur l'ensemble du bassin versant et que la durée de la pluie à une intensité donnée est égale ou supérieure au temps de concentration du bassin versant, l'hypothèses de base de la formule rationnelle ne sont plus considérées valides. Le calcul du débit par la méthode rationnelle se fait par la formule ci-dessous:

$$Q_{max} = \frac{C_r * i * S}{3.6}$$

Q_{max} : débit de crue de période de retour voulue (en m³/s).

i: intensité de pluie (en mm /h) pour le temps de concentration du BV et la récurrence souhaitée.

Cr : coefficient d'écoulement

S : surface (Km²),

Le guide SETRA sera utilisé pour le choix du coefficient de ruissellement de la méthode rationnelle, La valeur du coefficient de ruissellement déterminée par cette méthode est représentative des conditions de ruissellement fréquent (jusqu'à 1 dans 10 ans), Elle sera majorée pour des événements de plus rare récurrence.

❖ **Coefficient de ruissellement:**

Pour la détermination du coefficient du ruissellement, on a opté pour la méthode de KENESSEY : $C_r = C_1 + C_2 + C_3$

Avec : C_r : Coefficient de ruissellement

C_1 : Dépend de la pente du cours d'eau principal.

C_2 : Dépend de la perméabilité du terrain.

C_3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant.

Tableau N°V- 8-Coefficient de ruissellement en fonction de pente et nature de terrain

Couverture végétale	Morphologie	Pente (%)	Terrain avec sable grossier	Terrain argileux ou limoneux	Terrain argileux compact
Bois	Presque plat	0-5	0,10	0,30	0,40
	Ondulé	5-10	0,25	0,35	0,50
	Montagneux	10-30	0,30	0,50	0,60
Pâturage	Presque plat	0-5	0,10	0,30	0,40
	Ondulé	5-10	0,15	0,36	0,55
	Montagneux	10-30	0,22	0,42	0,60
Culture	Presque plat	0-5	0,30	0,50	0,60
	Ondulé	5-10	0,40	0,60	0,70
	Montagneux	10-30	0,52	0,72	0,82

❖ **Le temps de concentration**

Le calcul des débits de projet requiert l'évaluation du temps de concentration du bassin versant (T_c) soit le temps le plus long que met une goutte d'eau du bassin versant pour atteindre l'exutoire. Le temps de concentration peut être estimé selon plusieurs formules comme celles de Ventura, Passini, Turaza , chacune ayant son propre domaine de validité d'application.

❖ **Méthode de Ventura**

$$T_c = 0.127 \left(\frac{S}{I} \right)^{0.5}$$

Où :

T_c : temps de concentration (h)

S = surface (Km²)

I = pente moyenne du BV (m/m)

❖ **Méthode de Passini**

$$T_c = \frac{0.108(SL)^{1/3}}{\sqrt{H/L}}$$

Où :

T_c : temps de concentration (h)

S = surface (Km²)

L = longueur du bassin (km)

H = différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m)

$$H_{moy} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

❖ **Méthode de Turaza**

$$T_c = 60 \times 0.108 \times (s \times l)^{0.333} \times p^{-0.5}$$

T_c : temps de concentration (h)

S = surface (Km²)

L = longueur du bassin (km)

P = pente moyenne du BV (m/m).

Tableau N°V- 9-RÉSULTATS DE CALCUL DES DÉBITS POUR LE PRÉSENT PROJET

N° BV	PK	S (km2)	TC (H)	Cr	I100(mm/h)	Q ₁₀₀ (m3/s)
1	35+006.230	0,23	0,179905773	0.39	176,924	4,41
2	35+538.740	0,339	0,218816498	0.39	154,263	5,67
3	35+886.250	0,474	0,31130275	0.39	120,528	6.19
4	36+499.970	0,00164	0,025451646	0.39	695,534	0.12
5	36+680.150	0,113	0,186711108	0.39	172,385	2,11
6	36+850.000	0,074	0,111352343	0.39	247,531	1,98
7	37+060.010	0,266	0,220313522	0.39	153,529	4,42
8	37+739.280	0,167	0,164974075	0.39	187,987	3,40
9	38+050.000	0,111	0,198265597	0.39	165,289	1,99
10	38+622.320	0,116	0,216463699	0.39	155,435	1,95
11	39+167.290	0,201	0,268451891	0.39	133,694	2,91
12	39+565.840	0,698	0,687541537	0.39	69,216	5,23
13	40+984.520	0,71	0,570859981	0.39	78,840	6,06
14	42+004.545	0,111	0,223358895	0.39	152,060	1,83
15	42+234.850	0,118	0,18049931	0.39	176,517	2,26
16	42+888.540	0,307	0,276481728	0.39	130,964	4,36
17	43+503.180	0,311	0,297927614	0.39	124,291	4,19
18	44+224.220	0,19	0,295429626	0.39	125,026	2,57
19	44+620.260	0,267	0,409421172	0.39	99,494	2,88
20	45+808.870	0,993	0,454082519	0.39	92,5390	9,95
21	46+108.980	1.005	0,482597077	0.39	88,676	9.65
22	46+464.240	0,675	0,283721127	0.39	128,616	9,41
23	46+793.940	1,292	0,560392959	0.39	79,868	11,18
24	47+453.890	0,814	0,442548003	0.39	94,220	8,31
25	47+750.000	1,362	0,632569289	0.39	73,374	10,83
26	48+432.350	0,17	0,254271844	0.39	138,870	2,56
27	49+194.830	0,25	1,128320065	0.39	48,934	1,33
28	49+819.830	0,516	0,354179917	0.39	110,119	6,16

V.2 Etude hydrologique :

L'objectif de l'étude hydrologique est de déterminer les ouvrages longitudinaux et transversaux nécessaires le long du tracé ferroviaire afin d'assurer un drainage efficace des eaux. Ceci ne peut être réalisé qu'avec la disponibilité des données requises sous forme de tableaux, de graphiques, de cartes, de schémas et d'annexes fournissant une vue d'ensemble détaillée de la zone où le chemin de fer doit être construit, afin de justifier la conception de chaque ouvrage de drainage qui sera réparti le long de la voie.

L'étude hydraulique d'une ligne de chemin de fer ne peut être réalisée que dans le respect des normes techniques requises . et dans notre cas on utilise

- « Norme SNTF » (Société Nationale des Transports Ferroviaires)
- Guide technique – Assainissement routier en date d'octobre 2006
- Guide technique – Cours d'eau et ponts en date de juillet 2007

V.2.1 Dimensionnement des ouvrages transversaux

Le principe général de l'assainissement des plateformes ferroviaires consiste à s'assurer que le débit évacué, en cas de pluie intense, est inférieur au débit maximal que l'ouvrage hydraulique sélectionné peut supporter. Ce débit maximal est déterminé par la section pleine (ou saturation) de l'ouvrage, qui peut être évaluée à l'aide de la relation de Manning-Strickler.

$$Q_s = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Tel que :

Q_s : Débit de saturation de l'ouvrage (m^3/s) .

K_s : Coefficient de rugosité. Pour le béton : $K_s = 70$.

S_m : Section mouillée (m^2) ;

P_m : Périmètre mouillé.(m)

R_h : Rayon hydraulique.

I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).

V.2.1.1 Dimensionnement des buses :

Le calcul hydraulique des ouvertures circulaires se fait en utilisant la formule de Manning Strickler

à la saturation : $QS = Q_{max}$

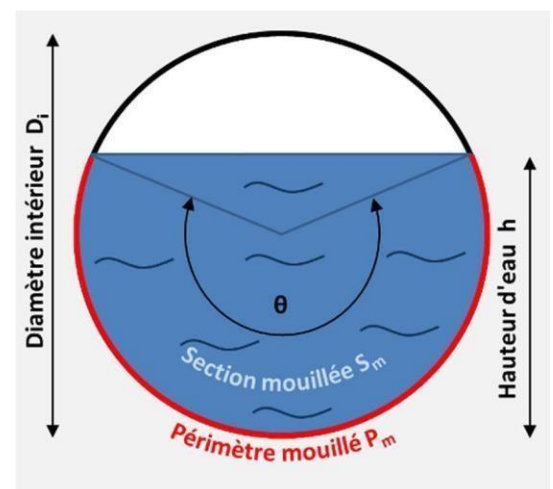


Figure N°V 6-Schéma d'un ouvrage busé

$$D=4^{5/8} \times \left(\frac{Q_{\max(100)}}{K_s \times \pi \times I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Tel que :

$$S_m = \pi \cdot (D/2)^2$$

$$R_h = \frac{D}{4}$$

$$KST = 70$$

La vérification des conditions d'auto-curage :

Condition 1 : La vitesse d'écoulement $V > 1.00$ m/s et ne dépasse pas 4.00 m/s.

Condition 2 : Soit la vitesse d'écoulement calculée comme précédemment, à partir de

$$Q = 0.1 Q_{ps} \rightarrow V > 0.6 \text{ m/s.}$$

Condition 3 : Soit la vitesse d'écoulement calculée comme précédemment, à partir de

$$Q = 0.01 Q_{ps} \rightarrow V > 0.3 \text{ m/s.}$$

Exemple d'Application numérique :

Prenons le BV N°07 (PK 37+060.010) : $Q_{\max(100)} = 4.42 \text{ m}^3/\text{s}$

On prend : $K_s = 70$; $I = 0.01$

$$D = 4^{5/8} \times \left(\frac{4.42}{70 \times \pi \times \sqrt{0.01}} \right)^{3/8} = 1303.1 \text{ mm}$$

On choisit un diamètre commercial de **1.50 m**.

$$Q_{ps} = K_s \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} = 70 \cdot \pi \cdot (1.5^2/4) \cdot (1.5/4)^{2/3} \cdot 0.01^{0.5} = 6.433 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{ps} = Q_{ps}/S_m = 3.64 \text{ m/s}$$

$$R_q = Q/Q_{ps} = 0.68708$$

$$V = R_v \cdot V_{ps} = 3.916 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

Tableau N°V.10 : Conditions d'auto-curage de l'ouvrage busé (BV N°07).

Condition	R_q	R_v	V(m/s)	Vérification
$1 \text{ m/s} < V < 4 \text{ m/s}$	0.687	1.076	3.916	OK ✓
$V > 0.6 \text{ m/s}$	0.1	0.64	2.329	OK ✓
$V > 0.3 \text{ m/s}$	0.01	0.32	1.164	OK ✓

Tableau N°V.11 : Liste globale des ouvrages buses à projeter

N° BV	PK	Q_{max} (100 ans) (m ³ /s)	P (m/m)	Diamètre Calculé (mm)	Diamètre Retenu (mm)	S_m (m ²)	Rh	Q_{ps} (m ³ /s)	V_{ps} (m/s)
1	35+006.230	4,41	0,01	1,302	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
2	35+538.740	5,67	0,005	1,629	2000	3,14	0.5	9,79	3,12
3	35+886.250	6,19	0,005	1,683	2000	3,14	0.5	9,79	3,12
4	36+499.970	0,12	0,01	0,337	1000	0,7852	0.25	2,181	2,777
5	36+680.150	2,11	0,01	0,987	1200	1,1307	0.3	3,547	3,136
6	36+850.000	1,98	0,01	0,964	1200	1,1307	0.3	3,547	3,136
7	37+060.010	4,42	0,01	1,303	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
8	37+739.280	3,4	0,01	1,181	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
9	38+050.000	1,99	0,01	0,966	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
10	38+622.320	1,95	0,01	0,958	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
11	39+167.290	2,91	0,01	1,114	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
12	39+565.840	5,23	0,005	1,580	2000	3,14	0.5	9,79	3,12
13	40+984.520	6,06	0,005	1,670	2000	3,14	0.5	9,79	3,12
14	42+004.545	1,83	0,01	0,936	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
15	42+234.850	2,26	0,01	1,013	1200	1,1307	0.3	3,547	3,136
16	42+888.540	4,36	0,01	1,296	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
17	43+503.180	4,19	0,01	1,277	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
18	44+224.220	2,57	0,01	1,063	1200	1,1307	0.3	3,547	3,136
19	44+620.260	2,88	0,01	1,109	1500	1,7668	0.375	6,433	3,640
20	45+808.870	9,95	0,005	2,011	2500	4,91	0.625	17,76	3,62
21	46+108.980	9,65	0,005	1,988	2500	4,91	0.625	17,76	3,62
22	46+464.240	9,41	0,005	1,970	3000	7,07	0.75	28,88	4,09
23	46+793.940	11,18	0,005	2,101	2500	4,91	0.625	17,76	3,62
24	47+453.890	8,31	0,005	1,880	2500	4,91	0.625	17,76	3,62
25	47+750.000	10,83	0,005	2,076	2500	4,91	0.625	17,76	3,62
26	48+432.350	2,56	0,01	1,061	1200	1,1307	0.3	3,547	3,136
27	49+194.830	1,33	0,01	0,830	1000	0,7852	0.25	2,181	2,777
28	49+819.830	6.16	0,005	1,680	2000	3,14	0.5	9,79	3,12

Tableau N°V.12 : vérification des Conditions d'auto-curage des ouvrages busées

N° BV	PK	$R_q=Q/Q_{ps}$	Rv	1m/s <V< 4 m/s	V > 0.6 m/s	V > 0.3 m/s	Vérif
1	35+006.230	0,68553	1.076	3.916	2,329	1,164	OK ✓
2	35+538.740	0,570	1,04	3,23	1.996	1.0608	OK ✓
3	35+886.250	0,630	1,06	3,30	1.996	1.0608	OK ✓
4	36+499.970	0,05502	0.536	1.488	1,777	0,888	OK ✓
5	36+680.150	0,590	1,04	3,28	2,007	1,003	OK ✓
6	36+850.000	0,550	1,03	3,22	2,007	1,003	OK ✓
7	37+060.010	0,68708	1.076	3.916	2,329	1,164	OK ✓
8	37+739.280	0,520	1.01	3.68	2,329	1,164	OK ✓
9	38+050.000	0,300	0.87	3.1	2,329	1,164	OK ✓
10	38+622.320	0,300	0.87	3,17	2,329	1,164	OK ✓
11	39+167.290	0,450	0,97	3,53	2,329	1,164	OK ✓
12	39+565.840	0,530	1,02	3,17	1.996	1.0608	OK ✓
13	40+984.520	0,610	1,05	3,28	1.996	1.0608	OK ✓
14	42+004.545	0,280	0,86	3,11	2,329	1,164	OK ✓
15	42+234.850	0,63716	1.058	3.317	2,007	1,003	OK ✓
16	42+888.540	0,67776	1.073	3.905	2,329	1,164	OK ✓
17	43+503.180	0,65133	1.064	3.872	2,329	1,164	OK ✓
18	44+224.220	0,72456	1.089	3.415	2,007	1,003	OK ✓
19	44+620.260	0,440	0,96	3.51	2,329	1,164	OK ✓
20	45+808.870	0,560	1,03	3,73	2.316	1.231	OK ✓
21	46+108.980	0,540	1,02	3,70	2.316	1.231	OK ✓
22	46+464.240	0,320	0,88	3,61	2.617	1.308	OK ✓
23	46+793.940	0,620	1,06	3,82	2.316	1.231	OK ✓
24	47+453.890	0,460	0,98	3,53	2.316	1.231	OK ✓
25	47+750.000	0,600	1,05	3,79	2.316	1.231	OK ✓
26	48+432.350	0,72174	1.088	3.411	2,007	1,003	OK ✓
27	49+194.830	0,60981	1.048	2.910	1,777	0,888	OK ✓
28	49+819.830	0,620	1,06	3,29	1.996	1.0608	OK ✓

Tableau N°V-13 -Liste globale des ouvrages projeté

BV	PK	S (km2)	Q(m ³ /s)	Ouvrage projeté	Dimensions
1	35+006.230	0,23	4,41	Buse	Φ 1500
2	35+538.740	0,339	5,67	Buse	Φ 2000
3	35+886.250	0,474	6.19	Buse	Φ 2000
4	36+499.970	0,00164	0.12	Buse	Φ 1000
5	36+680.150	0,113	2,11	Buse	Φ 1200
6	36+850.000	0,074	1,98	Buse	Φ 1200
7	37+060.010	0,266	4,42	Buse	Φ 1500
8	37+739.280	0,167	3,40	Buse	Φ 1500
9	38+050.000	0,111	1,99	Buse	Φ 1500
10	38+622.320	0,116	1,95	Buse	Φ 1500
11	39+167.290	0,201	2,91	Buse	Φ 1500
12	39+565.840	0,698	5,23	Buse	Φ 2000
13	40+984.520	0,71	6,06	Buse	Φ 2000
14	42+004.545	0,111	1,83	Buse	Φ 1500
15	42+234.850	0,118	2,26	Buse	Φ 1200
16	42+888.540	0,307	4,36	Buse	Φ 1500
17	43+503.180	0,311	4,19	Buse	Φ 1500
18	44+224.220	0,19	2,57	Buse	Φ 1200
19	44+620.260	0,267	2,88	Buse	Φ 1500
20	45+808.870	0,993	9,95	Buse	Φ 2500
21	46+108.980	1.005	9.65	Buse	Φ 2500
22	46+464.240	0,675	9,41	Buse	Φ 3000
23	46+793.940	1,292	11,18	Buse	Φ 2500
24	47+453.890	0,814	8,31	Buse	Φ 2500
25	47+750.000	1,362	10,83	Buse	Φ 2500
26	48+432.350	0,17	2,56	Buse	Φ 1200
27	49+194.830	0,25	1,33	Buse	Φ 1000
28	49+819.830	0,516	6,16	Buse	Φ 2000

❖ Donc notre tracé contient 28 ouvrages hydrauliques

- 28 buses :
 - 10 buses de Φ 1500
 - 5 buses de Φ 2000
 - 2 buses de Φ 1000.
 - 5 buses de Φ 1200
 - Une buse de Φ 3000
 - 5 buses de Φ 2500

Répartie tout le long de tracé reliant Stidia jusqu'à Hassi Mamèche.

V.2.2 Drainage longitudinal

Le drainage longitudinal a pour objectif d'évacuer le ruissellement superficiel de la voie et des terrains, en conduisant le ruissellement vers le lit naturel ou l'ouvrage de déversement transversal le plus proche.

Calcul du débit d'apport de la plateforme et le débit de Talus.

Le débit d'apport de ruissellement de la plate-forme de la voie et talus sera calculé à partir de la formule rationnelle :

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

Avec :

C= coefficient de ruissellement =0.7

I = intensité de pluies (mm/h)

A= surface (Km²)

Pour le calcul les paramètres de fossé:

$$S_m = (b + z \times h) \times h \quad ; \quad P_m = b + 2h \cdot \sqrt{1 + z^2} \quad ; \quad R_h = S_m / P_m$$

Les dimensions retenues pour les fossés sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$Q_a = Q_{pf} + Q_t = 2.518 < Q_s$$

Tableau N°V.14 : Débit de Plateformes et Talus

Plateforme						
Cas	Cr	P(m/m)	A(Km ²)	Tc(h)	I (mm/h)	Q ₅₀ (m ³ /s)
Remblais	0.7	0.04	0.0134	0.073	288.92	0.752
Talus						
Remblais	0.7	0.04	0.07949	0.17	159.88	1.766

Le choix de type du fossé se fait en fonction du débit à évacuer rapporté par la plateforme et les talus.

Tableau N°V. 15 : Dimensionnement du fossé proposé.

b (m)	H (m)	Z(m)	Sm (m ²)	Pm (m)	Rh(m)	Pente %	Q sat (m ³ /s)	VERF
0.5	0.5	0.7	0.625	2.307	0.271	0.02	2.5999	OK

NB : Le même dimensionnement sera utilisé pour le cas de Déblais.

❖ Le rôle des fossés :

Les fossés jouent un rôle vital lorsqu'une voie ferrée traverse une forêt. Tout d'abord, ils assurent une gestion efficace des eaux de pluie et du ruissellement, évitant ainsi l'accumulation d'eau sur les rails et les zones environnantes. Cela est crucial pour maintenir la stabilité de la voie ferrée et prévenir les inondations qui pourraient endommager l'infrastructure ferroviaire et perturber le service. En contrôlant l'écoulement des eaux, les fossés réduisent également le risque d'érosion des sols forestiers, ce qui protège la végétation et la biodiversité locales. De plus, en filtrant les sédiments et les contaminants présents dans les eaux de ruissellement, les fossés contribuent à préserver la qualité des cours d'eau environnants, assurant ainsi un environnement sain pour les écosystèmes aquatiques.

Les fossés facilitent également l'entretien de la voie ferrée en permettant une meilleure accessibilité et en réduisant les risques d'endommagement des rails par l'eau stagnante. En cas de fortes pluies ou de tempêtes, les fossés jouent un rôle clé en canalisant l'excès d'eau loin de la voie ferrée, minimisant ainsi les interruptions de service et les coûts de réparation.

En somme, les fossés sont essentiels pour garantir la sécurité et la durabilité des voies ferrées traversant les forêts, tout en protégeant l'environnement naturel et en assurant une gestion écologique des ressources en eau.

V.3 Conclusion:

Il est crucial de réaliser une étude hydraulique de qualité dans les projets ferroviaires pour garantir la durabilité des voies. Sur dimensionner les ouvrages d'assainissement est une pratique courante pour compenser le manque d'entretien et assurer leur pérennité. Ce chapitre a exploré l'étude hydrologique et hydraulique, évalué les bassins versants, quantifié les débits et dimensionné les ouvrages hydrauliques les ouvrages longitudinaux et transversaux pour minimiser les risques d'inondation et assurer des opérations ferroviaires efficaces. Cette approche rigoureuse contribue à la fiabilité du projet tout en préservant les ressources en eau et en minimisant l'impact environnemental.

CHAPITRE VI :
ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET
GÉOTECHNIQUE

VI.1 Introduction:

L'étude géotechnique et géologique est une étape fondamentale dans notre domaine car elle évalue les caractéristiques physiques et mécaniques du sol. Ainsi, la réalisation d'essais in situ et d'essais de laboratoire est très importante pour garantir la stabilité et la pérennité à long terme de l'ouvrage à réaliser.

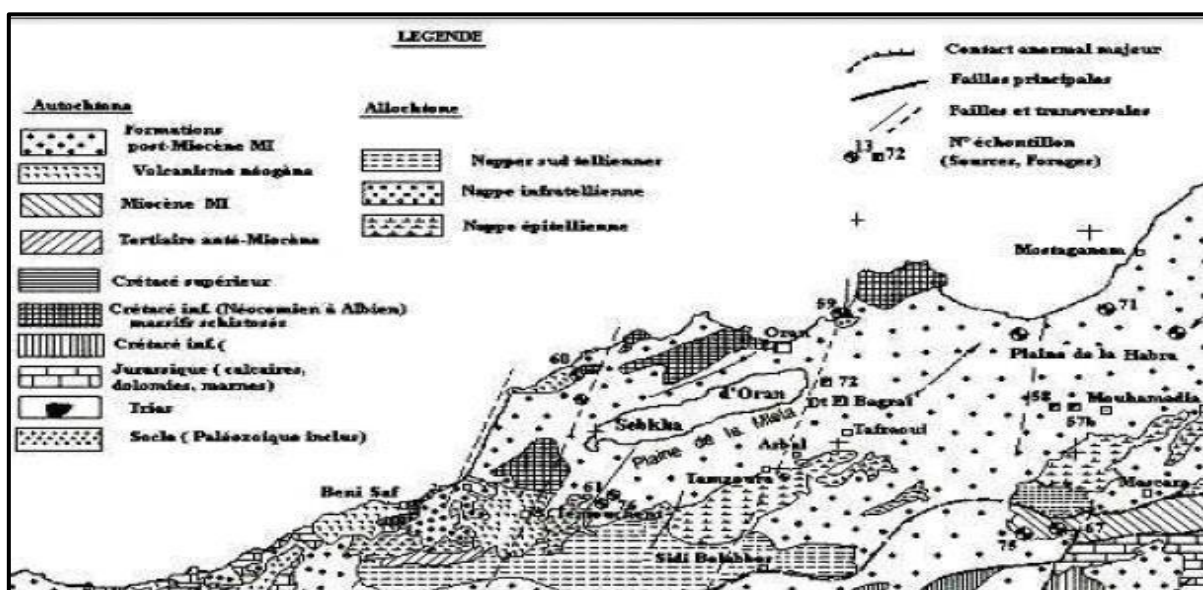
VI.2 Étude géologique

L'étude géologique pour un projet ferroviaire est essentielle pour comprendre la structure géologique de la zone où la voie ferrée sera construite. Elle vise à analyser la composition, la structure et l'histoire géologique du sous-sol afin de planifier et d'exécuter la construction de manière sûre et efficace. En identifiant les différentes couches géologiques, les failles, les zones instables, et en évaluant les risques géologiques tels que les glissements de terrain et les inondations, cette étude permet d'élaborer des mesures d'atténuation appropriées. De plus, en identifiant les meilleures caractéristiques géologiques de la région, comme la sélection des matériaux de construction de haute qualité et la planification des itinéraires ferroviaires pour minimiser les coûts, elle contribue à une conception plus durable et économique du projet.

VI.2.1 Aperçu géologique régionale

La zone est représentée par trois régions géomorphologiques différentes: Le Plateau de Mostaganem à l'est, la Plaine de l'Habra dans la surface centrale, Le Plateau de Saint-Louis et les monts d'Arzew à l'ouest.

Figure N°VI- 1Extrait de la carte géologique de la région



VI.2.2 Aperçu géologique local :

- La zone est caractérisée par la présence de deux ensembles géologiques distincts, divisés par le bassin subsidiaire du Chélif, datant du Néogène.
- Chaîne tellienne : Ces ensembles font partie de la chaîne tellienne, qui a été fortement perturbée par des phénomènes géologiques tels que les horsts et les grabens, résultant du paroxysme miocène des grandes phases orogéniques alpines.
- La Topographie de La zone présente des pentes douces, orientées du nord-est vers le sud-ouest, avec des altitudes ne dépassant pas 200 mètres.
- La plaine de la Macta est caractérisée par des dépôts alluvionnaires quaternaires, principalement argilo-sableux, avec des variations de salinité. Ces dépôts reposent sur des formations marines pléistocènes et des terrains plus anciens du crétacé.
- La zone a subi une subsidence active depuis le miocène, avec une sédimentation lagunaire due aux alluvions quaternaires provenant des piedmonts nord des Béni Chougrane.

VI.2.3 La géologie traversée par la voie de PK 35+000 au PK 50+000 .

La région comprise entre les points kilométriques 35+000 et 50+000 présente un relief graduellement ascendant du flanc nord-occidental du Plateau de Mostaganem, formant un corridor entre la Forêt de la Stidia et la Forêt des Dunes de la Stidia au pk 36+000. Les altitudes varient de 30,00 à 113,00 mètres sur une grande étendue, avec des pentes faibles ne dépassant pas .De plus, entre les points kilométriques 39+950 et 50+000, le tracé traverse la plaine du Plateau de Mostaganem, atteignant des altitudes maximales de 165,00 mètres.

Aucun mouvement significatif des terres n'est prévu dans cette section, car le tracé traverse des matériaux appartenant au substrat pliocène continental ainsi que des dépôts de dunes consolidées pléistocènes et des dépôts de pente, ainsi des dépôts alluviaux de la Vallée des Jardins.

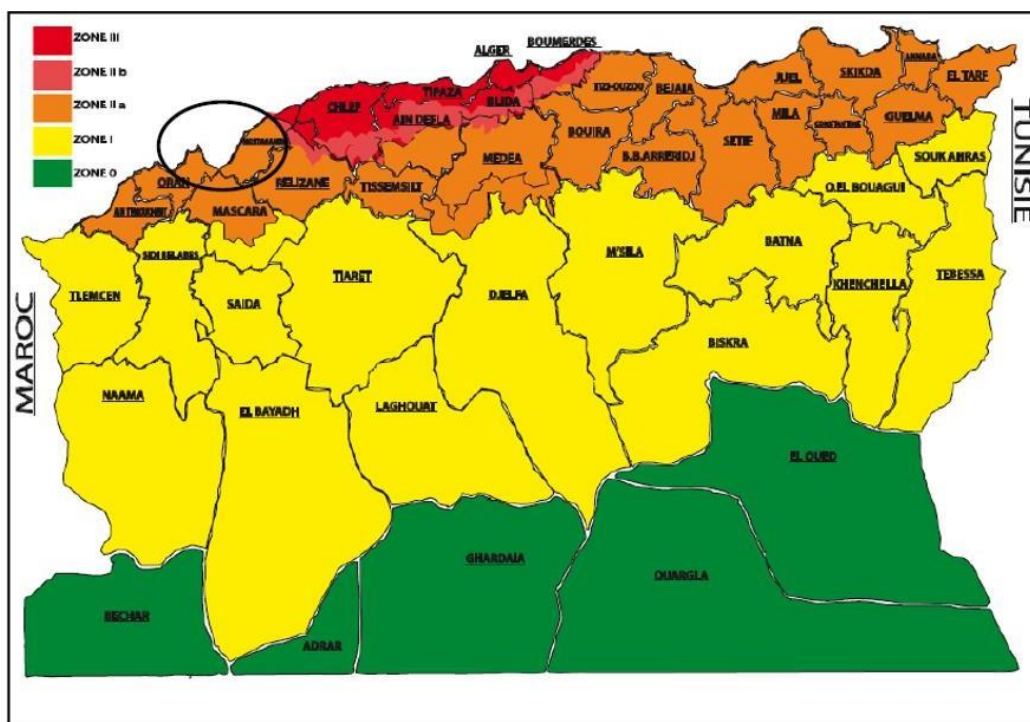
VI.2.4 Sismicité

Le tracé ferroviaire traverse les wilayas d'Oran et de Mostaganem, étant classé dans la zone de sismicité moyenne, Zone IIa. Par ailleurs, selon les recherches sur le risque sismique dans toute la région de l'Oranie, la wilaya d'Oran est située dans la bande tellienne, un espace

tectoniquement complexe avec une vulnérabilité sismique naturelle élevée, susceptible de connaître d'autres séismes d'importance variable.

Les décennies précédentes ont prouvé que les frontières de la ville d'Oran sont des zones sismiques en raison de l'activité tectonique et cela est dû à la superposition des structures morphologiques.

Figure N°VI- 2-Carte de zonage sismique de l'Algérie



Le coefficient d'accélération à prendre en considération pour la vérification de la stabilité sera **A= 0,20 g m/s²**.

Tableau N°VI- 1-Coefficients d'accélération des zones sismiques en Algérie.

Groupe	Zone sismique			
	Zone I	Zone II.a	Zone II.b	Zone III
1	0.15	0.25	0.3	0.4
2	0.12	0.2	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.2	0.25

VI.2.5 Les unités géologiques de sol

Tableau N°VI- 2-Les unités géologiques de sol

Puits	PK	Prof(m)	Unité géologique	Description
P01	35+785	3,30	Q^{m3}	Lumachelles et dunes marines associées. niveau supérieur
P02	38+475	2,50	Q^{ds}	Sables des plateaux de Mostaganem et carapaces calcaires associées
P03	39+100	1,40	Q^{ds}	
P04	39+622	3,50	Q^{ds}	
P05	39+690	3,60	Q^{ds}	
P06	41+835	2,80	Q^{ds}	
P07	45+100	1,70	Q^{VJ}	
P08	48+515	1,70	Q^{VJ}	
P09	49+443	3,50	Q^{VJ}	

VI.3 L'étude géotechnique

Une étude géotechnique vise à analyser les conditions du sol et des nappes dans le cadre d'un projet de construction, évaluant ainsi les risques environnementaux et déterminant les ajustements nécessaires du projet au site prévu. Cette discipline scientifique focalise sur la localisation et la caractérisation des couches géologiques ainsi que sur les propriétés mécaniques et physiques des sols, garantissant ainsi la sécurité des infrastructures ferroviaires et adaptant les techniques de construction aux risques géologiques.

VI.3.1 Le programme d'investigation

Le programme d'investigation géotechnique repose sur les données de la campagne de reconnaissance géotechnique, qui offre une évaluation initiale des conditions du site. En se basant sur ces informations, le programme définit les méthodes d'investigation, les emplacements des forages, les essais en laboratoire et les analyses géotechniques à entreprendre. Ces résultats orientent la planification pour assurer une collecte de données précise. En résumé, la campagne de reconnaissance fournit une première évaluation, tandis que le programme d'investigation permet une étude détaillée pour des décisions éclairées sur la construction, garantissant la stabilité et la durabilité des ouvrages.

Le programme d'investigation géotechnique proposé pour le présent projet, vise à analyser le tracé projeté de la ligne ferroviaire Stidia-Hassi Maméche. Ledit programme est composé de deux lots, le tracé et l'ouvrage.

❖ Lot Tracé

Le lot Tracé du programme géotechnique se focalise sur l'évaluation des sols, et des matériaux de remblais pour assurer des fondations robustes et adaptées aux trains.

Une analyse détaillée des caractéristiques géotechniques des sols est effectuée pour déterminer leur portance, en prenant en compte des paramètres comme la résistance à la compression, la cohésion, l'angle de frottement interne et la compressibilité.

Le choix d'utiliser le sol local comme matériau de remblai dépend de sa stabilité, de sa capacité portante et de sa perméabilité.

❖ Lot Ouvrages

Le lot Ouvrages du programme géotechnique se concentre sur l'identification des propriétés du sol pour les infrastructures, en particulier les fondations, nécessitant une collecte précise de données sur la granulométrie, la plasticité, la teneur en eau, la composition minérale et la densité. L'évaluation de la capacité portante du sol est cruciale pour garantir la stabilité et la durabilité des ouvrages, avec des tests géotechniques déterminants.

Le programme vise à établir des fondations adaptées, en analysant minutieusement les propriétés des sols et des roches, tout en tenant compte des conditions hydrogéologiques régionales.

❖ Puits de reconnaissance

Pour obtenir une observation précise de la nature des formations géologiques dans la zone d'étude, il est essentiel de réaliser des puits de reconnaissance. Ces puits permettent non seulement d'évaluer l'épaisseur de la terre végétale, mais également de prélever des échantillons pour une identification approfondie et une caractérisation géotechnique en laboratoire. En réalisant ces puits, on peut obtenir des informations cruciales sur la composition des sols, leur structure, leur résistance et d'autres propriétés importantes. Cette étape est fondamentale pour établir une base solide de données géotechniques qui servira à orienter les décisions de conception et de construction, assurant ainsi des fondations robustes et durables pour les projets à venir.

❖ **Essai au laboratoire :**

Pour les échantillons prélevés on prévoit la réalisation des essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie , Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, essai d bleu VBS....) .
- Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates , chlorure , sels....) .
- Essais mécaniques (Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques...).

Tableau N°VI- 3- Programme d'investigation géotechnique

PK	Type	Essais au laboratoire
35+785	Passage inférieur sur chemin rural	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau (NF P94-050) - Densité de sol (NF P-94053) - Analyse granulométrique per tamisage (NA5232 et NFP 94056) - Limites d'Atterberg (NA16213 et NFP 94051-NFP 94052-1) - Bleu de méthylène (NA5288 et NFP 94068) - Proctor modifié (NA5262 et NFP 94093) - CBR (NA5252 et NFP 94078) - Classification GTR (NF P11-300) - Teneur en sulfates : selon la norme NA 778 de 2010 relative à la norme NEF 18-011 - Teneur en carbonates : Selon la norme XP P 94-011 . - Matière organique (NA5211 et NFP 94055) - Mesure de l'acidité Selon la DTR BE1.31
36+800	Corps de remblais sur zone de ravin.	
38+475	Passage supérieur sur la route C.W. 94.	
39+100	Fondations pour Halte Stidia.	
39+690	Passage supérieur sur la route C.W. 1.	
41+835	Passage supérieur sur chemin communal.	
45+100	Ouvrage d'art sur FFCC Mohammadia-Mostaganem et R.N. 17.	
48+515	Passage inférieur sur la route C.W. 49 .	
49+443	Fondations pour Halte/Gare d'Appui au ligne au port Hassi Mameche.	

❖ Synthèse lithologique :

La synthèse lithologique des points d'observation révèle une variété de couches de sols. Les premiers mètres sont généralement dominés par de la terre végétale avec des racines, suivis de couches de sable rougeâtre, limoneux parfois grésifié, et parfois jaunâtre. Certains sites présentent des couches de sable jaunâtre sur plusieurs mètres de profondeur. Des zones contiennent des sables argileux, des limons sableux graveleux, voire des dépôts de tuf.

Certains points d'observation sont confrontés à des dalles de grès ou à un terrain rocheux, rendant le creusement impossible à certaines profondeurs. En résumé, les observations indiquent une diversité lithologique reflétant les variations géologiques dans la région étudiée.

Tableau N°VI- 4-La lithologie des puits de reconnaissance.

	PK	Profondeur	la lithologie
PU1	35+785	00.00-00.70 ^m	Terre végétale, racines.
		00.70-01.70 ^m	sable rougeâtre
		01.70-03.00 ^m	sable limoneux parfois grésifié rougeâtre
PU2	36+800	00.00-00.20 ^m	Terre végétale, racines .
		00.20-03.20 ^m	sable limoneux parfois grésifié rougeâtre
PU3	38+475	00.00-00.30 ^m	Terre végétale, racines.
		00.30-02.50 ^m	sable rougeâtre
		02.50-03.60 ^m	sable limoneux parfois grésifié jaunâtre
		03.60-05.00 ^m	impossible de creuser (dalle de grés)
PU4	39+100	00.00-01.00 ^m	Terre végétale, racines.
		01.00-01.40 ^m	sable limoneux rougeâtre
		01.40-03.40 ^m	sable limoneux parfois grésifié blanchâtre à jaunâtre
PU5	39+622	00.00-00.60 ^m	Terre végétale, racines.
		00.60-03.50 ^m	sable jaunâtre
PU6	40+200	00.00-00.50 ^m	Terre végétale, racines
		00.50-03.60 ^m	sable parfois grésifié jaunâtre à rougeâtre .
PU7	41+835	00.00-00.70 ^m	Terre végétale, racines
		00.70-01.70 ^m	sable argileux rougeâtre
		01.70-02.80 ^m	limon sableux graveleux jaunâtre à rougeâtre (tuf)
PU8	45+100	00.00-01.20 ^m	Terre végétale + racines (argile limoneuse brunâtre)
		01.20-01.70 ^m	limon graveleux à caillouteux blanchâtre à rougeâtre
		01.70-05.00 ^m	impossible de creuser (terrain rocheux)
PU9	48+515	00.00-01.50 ^m	Terre végétale + racines (argile limoneuse brunâtre)
		01.50-03.00 ^m	limon sableux jaunâtre à rougeâtre
PU10	49+443	00.00-03.50 ^m	Sable jaunâtre

PK ;PU	Photos	PK ;PU	Photos
35+785 PU1		39+690 PU6	
36+800 PU2		41+835 PU7	
38+475 PU3		45+100 PU8	
39+100 PU4		48+515 PU9	
39+622 PU5		49+443 PU10	

- Résultats des essais de laboratoire

Tous les échantillons prélevés à partir des puits reconnaissances réalisés ont fait l'objet des analyses en laboratoire conformément aux normes en vigueur, données dans les tableaux ci-dessous :

Tableau N°VI- 5 Les résultats des essais du laboratoire

Puits	PK	Profondeur (m)	W(%)	Analyse granulométrique				Limites d'atterberg			Les Densités		Proctor modifié					
				Dmax	% ≤ 2mm	% ≤ 0,08mm	% ≤ 2 μm	WL	WP	Ip	γ _h (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	VBS	Wopm(%)	γ _{dmax} (t/m ³)	CBR à 95%	GTR	UIC
P01	35+785	3.3	1,63	20	84%	34%	**	/	/	/	1,49	1.49	0,1	/	/	/	B1	QS1
P02	38+475	2.5	5,08	20	79%	7%	***	/	/	/	***	1.2	0,05	/	/	/	B5	QS1
P03	39+100	1.4	3,2	20	89%	8%	***	/	/	/	***	/	0,1	/	/	/	B1	QS1
P04	39+622	3.5	2,9	20	78%	13%	***	/	/	/	1,36	1.36	0,15	/	/	/	B5	QS1
P05	39+690	3.6	3,99	14	86%	13%	***	/	/	/	***	/	0,08	/	/	/	B5	QS1
P06	41+835	1.50	8.39	20	100%	11.59%	***	35.01	17.3	17.71	1,69	1.55	0,343	6.4	1.85	14.9	B2m	QS1
P07	45+100	2.0	8.8	32	89.93%	21.51%	4.92	24.82	14.4	10.42	1,69	1.55	0,364	7.6	2.06	25.13	B5m	QS1
P08	48+515	3.0	8.17	2	96.03%	14.77%	***	33.48	14.93	18.55	1.6	1.48	0,537	7.8	1.89	13.78	B5m	QS1
P09	49+443	2.0	5.98	20	70.47%	11.97%	***	/	/	/	1,75	1.65	0,223	7.9	2.05	31.88	B5m	QS1
P10	50+000	1.30	7.31	20	89.54%	27.39%	9.39	25.52	17.2	8.32	1.73	1.62	0,916	8.1	2.03	21.83	B5m	QS1

Analyse chimique

Tableau N°VI- 6-tableaux des résultats des essais chimique

Pu	PK	Prof (m)	Sulfates SO_4^{-2}	Carbonates $CaCO_3(\%)$	Chlorures Cl^-	MO	PH
P01	35+785	0.3-3.30	/	/	/	**	/
P02	38+475	0.3-2.5	/	/	/	**	/
P03	39+100	1-1.4	/	/	/	**	/
P04	39+622	0.6-3.5	/	/	/	**	/
P05	39+690	0.7-3.60	/	/	/	**	/
P06	41+835	1.7-2.80	Néant	5.17241	0.0523	**	8
P07	45+100	1.20-1.70	3087.6738	33.10345	0.0829	**	7.9
P08	48+515	0.40-1.70	Néant	50.89655	0.0435	**	7.9
P09	49+443	0.0-3.5	8325.1265	66.62069	0.0780	**	7.8
P10	50+000	1.3	Néant	32.06897	0.0348	**	7.7

❖ Interprétation des résultats

➤ Teneur en sulfates : selon la norme NA 778 de 2010 relative à la norme NEF 18-011

Les résultats ci-dessus montrent que les échantillons testés présentent une teneur en sulfates SO_4^{-2} varié de néant à supérieur à 3000mg/kg pour les puits N° 7et 9, selon la norme algérienne NA 16002 et suite au chapitre de classification des environnement agressifs page N'14, le sol analysé se classe comme suit:

Puits 6, 8et 10 présentent une teneur en sulfates SO_4^{-2} sont néant, ceci nous indique une agressivité inférieur à la classe XA1 (Environnement non agressif). ceci ne nécessite aucune protection particulière.

Puits 7, et 9 présentent une teneur en sulfates SO_4^{-2} est supérieur à 3000mg/Kg, ceci nous indique une agressivité de la classe XA2 Environnement agressif, ceci ne nécessite l'utilisation d'un ciment de type CRS (ciment résistant aux sulfates), néanmoins les bétons devront être fabriqués suivant les règles de l'art et doivent être compacts par leurs qualités intrinsèques.

➤ Teneur en carbonates : Selon la nome XP P 94-011 .

« Le teneur en carbonate indique que les sols en place sont riche en encroutement »

Tableau N°VI- 7 - Classification Teneur en carbonate (%)

Teneur en carbonate (%)	Classification
< 10	Non marneux
10 à 30	Faiblement marneux
30 à 70	Marneux
70 à 90	Calcaire marneux
90 à 100	Calcareux

➤ Mesure de l'acidité Selon la DTR BE1.31:

PH	>7	Non agressive	pas de mesure particulière
----	----	---------------	----------------------------

• RESISTANCE AU CISAILLEMENT UU & COMPRESSION SIMPLE SUR ROCHE

Tableau N°VI- 8- les résultats des essais de Cisaillement et Compressibilité à l'odomètre

Puits	PK	Cisaillement		Compressibilité à l'odomètre					
		$\Phi(^{\circ})$	$C_u(\text{bar})$	$P_c(\text{bar})$	$C_c(\%)$	$C_g(\%)$	OCR	$\sigma_o (t/m^2)$	ETAT
Sc01	48+700	29.92	0.65	2.17	9.22	0.62	1.14	19.019	Sur-consolidé

❖ Interprétation des résultats

➤ Cisaillement:

Pour les limons sablo-argileux rougeâtres, utilisés comme produit de remplissage pour les dunes lapidifiées et la carapace calcaire, la cohésion C_u mesurée à 0.65 bars montre que les échantillons présentent une cohésion moyenne, ce qui indique des limons raides par leur comportement

rhéologique. Les valeurs d'angle de frottement, moyennes, s'élèvent à 29.92° , ce qui reflète bien l'abondance des fines.

➤ Compressibilité a l'odomètre

D'après ces résultats, on constate que les sols en place sont moyennement compressibles, sans risque de gonflement ($cg < 2\%$). En comparant les valeurs de la pression de consolidation (PC) avec le poids des terres au repos, on dénote que le sol en place est dans un état sur-consolidé. Cela indique que, dans les temps anciens, le sol a subi une pression supérieure à l'actuelle, probablement due à l'érosion.

❖ Les essais in situ

Les essais in situ en géotechnique répertorient en détail les différentes mesures (teneur en eau et densité, pression, déplacement, tassement, force, etc.) et les types d'essais (chargement statique, pénétrométrie, pressiométrie, etc.) indispensables à la mécanique des sols pour le dimensionnement des ouvrages. Ces essais sont effectués dans le but de :

- ✓ Donner une idée globale sur la résistance du sol.
- ✓ Déterminer le degré d'homogénéité du sol.
- ✓ Fixer une plage de valeur de R_d en vue d'estimer le taux du travail admissible.

PK	Les essais in situ	Nombre d'essai
41+000 43+000 44+000 46+000 47+500	- PDL	5
48+700	- SPT	1

L'appareil utilisé sur site est de type Pénétromètre Dynamique Super-Lourd -A (DPSH selon la norme « EN ISO 22476-2:2005 de marque Méditool »

Tableau N°VI- 9 -Résultats des essais in-situ (SPT&PDL)

Prof	Nature de sol	SPT N_{60}		PDL qd (BARS)	
		VAR.	MOY.G	VAR	MOY
8.00-8.45	Marne de profondeur grisâtre	14-36	20.86	-	-

VI.4 Contraintes géotechniques

VI.4.1 Les zones inondables

matériaux détritiques pliocènes : La variabilité des sols dans cette zone peut entraîner des défis en termes de stabilité et de comportement du terrain, nécessitant peut-être des mesures spéciales lors de la construction.

Présence de sols alluviaux de vallée : Ces sols, généralement riches en limons et en argiles et susceptibles d'être inondés, peuvent présenter des risques d'affaissement et de faible capacité portante

Ces deux facteurs indiquent la possibilité que la région soit sujette à des inondations, soit en raison de l'infiltration d'eau dans les sols alluviaux de vallée, soit en raison de la variabilité des sols dans les matériaux détritiques pliocènes. Par conséquent, il est prudent de considérer qu'il existe un risque de zones inondables dans la région

VI.4.2 Agressivité de sol

La présence de zones déprimées lacustres ou endoréiques et de sols salins, ainsi que les dépôts quaternaires de pente et les dépôts lacustres non salins, peuvent être considérés comme des sources potentielles d'agressivité des sols. Les sols constitués principalement d'argiles et de limons, avec la possibilité de contenir des sels sodiques, sont sujets à l'érosion et à la dissolution sub-superficielle, ce qui peut entraîner un risque d'affaissement et d'instabilité. De même, la saturation en eau des dépôts quaternaires de pente et des dépôts lacustres non salins peut poser des problèmes de stabilité en raison de leur faible capacité portante.

De plus, la présence de dunes littorales actives, en mouvement constant, peut également être considérée comme une forme d'agressivité des sols. Ces dunes peuvent exercer une pression continue sur l'infrastructure nécessitant des mesures continues de maintien pour assurer leur stabilité.

VI.5 Conclusion

L'étude géotechnique et géologique du tracé ferroviaire Stidia-Hassi Mameche souligne la complexité géologique de la région et les contraintes géotechniques à prendre en compte, cette étude détaillée fournit une base essentielle pour la planification et la conception du projet ferroviaire, garantissant la prise en compte des défis géotechniques et des conditions géologiques spécifiques à la région.

CHAPITRE VII :
ASSISE FERROVIAIRE

VII 1 –Introduction:

La voie ferrée est constituée de rails posés sur des travers enchâssées dans du ballast, après limitation de la zone de travail et aménagement d'une plate-forme. Elle permet un passage facile de voie à une autre grâce a les aiguillages qui constitués de rails et de pièces usinés.

La superstructure d'une voie ferrée comprend le ballast, les traverses, les rails et leurs accessoires, ainsi que divers dispositifs tels que les branchements, les traversées, les plaques tournantes, les ponts tournants et les transbordeurs. Ces éléments permettent non seulement la circulation des trains mais aussi le croisement et la communication entre différentes voies. Le ballast, étendu horizontalement en dehors des rails sur environ un mètre, joue un rôle crucial dans la stabilité de la voie en répartissant uniformément la charge et en maintenant le nivellement correct. La largeur de la voie, mesurée entre les bords intérieurs des rails, est généralement de 1,435 mètre, et une pente transversale d'au moins 3 centimètres par mètre est aménagée pour faciliter le drainage des eaux. Des fossés d'assèchement et des pistes pour la circulation du personnel d'entretien sont également aménagés à l'extérieur des voies.

L'espacement entre les voies est conçu pour permettre le croisement des trains en toute sécurité, avec une largeur d'entrevoie minimale de 2 mètres en pleine voie et de 3 mètres dans les gares.

VII 2 Les couches d'assise ferroviaire

La voie ferrée repose sur la structure d'assise. Cette dernière est constituée par une ou plusieurs couches de matériaux différents, dont les rôles complémentaires contribuent à assurer le bon comportement de la voie des points de vues ; de rigidité, tenue de nivellement et drainage.

VII.2.1 Le ballast

Le ballast est composé de roche concassée, conformément aux exigences définies dans le référentiel technique de la SNTF et la norme NF P53-695. Il joue un rôle essentiel dans la stabilité et la durabilité des voies ferrées. En évitant que les traverses ne reposent directement sur la plateforme, il prévient leur enfoncement dans le sol, dont la résistance est souvent insuffisante pour supporter la charge

❖ Le rôle du ballast

- ✓ Répartition uniforme de la pression : En interposant une couche de ballast entre les traverses et la plateforme, la pression exercée par les charges roulantes est répartie de manière uniforme sur une plus grande surface, préservant ainsi le nivellement de la voie.
- ✓ Stabilité dans les deux sens : Le ballast assure également la stabilité des traverses dans le sens vertical et horizontal, en résistant aux forces transversales et longitudinales qui pourraient déformer le tracé de la voie.
- ✓ Maintien du nivellement : Le bourrage du ballast sous les traverses maintient le nivellement correct de la voie et réduit les déplacements indésirables.
- ✓ Renforcement de la stabilité : Les banquettes de ballast et le ballast entre les traverses renforcent encore la stabilité de la voie.
- ✓ Épaisseur minimale recommandée : L'épaisseur minimale recommandée de la couche de ballast entre la plateforme et les traverses est de 30 centimètres, ajustée en fonction de la charge des essieux pour garantir une répartition efficace de la charge.

❖ Choix du ballast

Le choix du ballast, en tant que support commun des traverses, est crucial et dépend principalement de deux facteurs :

- les ressources locales disponibles
- le coût d'acquisition d'un ballast de qualité.

Pour cela il faut que :

- ✓ La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50 mm) et respecte certaines limites mentionnées dans la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast.
- ✓ La résistance à la fragmentation Los-Angeles soit de : ≤ 19 %.
- ✓ La résistance à l'usure Micro Deval soit de : ≤ 6 %.
- ✓ La résistance à la compression (RC) soit de : ≥ 1200 kg/cm².
- ✓ La forme des granulats par leurs angularité et rugosité de ses surface garantissent une bonne cohésion de la masse, de plus le contact ballast/traverses doit pouvoir assurer une immobilisation de ces dernières.
- ✓ La propreté des matériaux soit garantie. En effet, ces derniers doivent être expurgés de toute matière impropre et La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1.6 mm ne doit pas excéder 0.5 %.

VII.2.2 Sous couche

La sous-couche est une couche intermédiaire placée entre le ballast et la plateforme, pouvant être monocouche ou multicouche. Elle est composée de granulats bien gradués à base de gravier et de sable (résistant au gel) et est inclinée transversalement de 3 à 5%. La sous-couche comprend une couche appelée sous-ballast constituée de gravier propre bien gradué de 0/31,5 mm avec au moins 30% de concassé ayant un DRG supérieur à 12 et compactée à 100% OPN. Dans le cas de sols médiocres, elle comprend également une couche de fondation constituée de gravier propre bien gradué compacté à 100% OPN. Si nécessaire, elle peut comporter une couche anti-contaminante en sable propre, renforcée par des feuilles de géotextiles ou de géo membranes. La sous-couche assure la protection de la plateforme contre l'érosion causée par le poinçonnement du ballast et les eaux de ruissellement, ainsi que contre les effets du gel et assure l'évacuation des eaux de pluie. De plus, elle permet une meilleure répartition des charges transmises, ce qui garantit des valeurs admissibles de sollicitations au niveau de la plateforme et contribue à améliorer les propriétés vibratoires.

VII.2.3 Les géotextiles

Ce sont des géo-synthétiques perméables à l'eau et à l'air peuvent être utilisés comme séparateur et anti contaminant, filtre drainage et armature.

VII.2.4 La plate-forme

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. La plate-forme est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai.

Ses caractéristiques :

- Supporter le poids des trains
- Assurer l'écoulement d'eaux
- Une durabilité exceptionnelle

Pour évaluer la qualité de la plate-forme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plate-forme ;
- D'apprécier la qualité de la plate-forme complète : couche de forme + sol sous-jacent.

La qualité d'un sol pour la plate-forme ferroviaire dépend de deux paramètres principaux :

La nature géotechnique du sol :

Cette caractéristique est évaluée à l'aide de l'identification géotechnique, qui permet de déterminer les propriétés du sol telles que sa composition et sa capacité portante.

Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales :

Ces conditions sont considérées comme bonnes si :

- La couche supérieure du sol est située au-dessus de toute nappe naturelle.
- La plate-forme ne subit pas d'infiltrations d'eau de pluie nocives.
- Le drainage des eaux de pluie est correct et les dispositifs de drainage fonctionnent correctement.

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

L'analyse de la fiche UIC 719 R nous permet de distinguer quatre classes de qualité de sols selon la classification des sols (identification géotechnique). Voir annexe

VII 3 - Classification de sol

Le tableau suivant donne la classification du sol **UIC**, pour tous les puits de reconnaissance réalisés

Tableau N°VII- 1- Classification selon GTR / UIC

Puits N°	PK	Classification GTR / UIC	
		GTR	UIC
01	35+785	B1	QS1
02	38+475	B5	QS1
03	39+100	B1	QS1
04	39+622	B5	QS1
05	39+690	B5	QS1
06	41+835	B2m	QS1
07	45+100	B5m	QS1
08	48+515	B5m	QS1
09	49+443	B5m	QS1
10	50+000	B5m	QS1

VII 4 Classe de portance de la plateforme :

La détermination des types de plateforme dépend des caractéristiques des sols qui composent le sommet des remblais ou des sols en place au niveau de la fondation de la plateforme en excavation. Ces caractéristiques incluent le type et l'état hydrique des sols, ainsi que leur épaisseur. Selon le code UIC 719R, ces facteurs permettent de définir les classes de qualité des sols et donc la classe de portance de la plateforme.

En fonction de ces paramètres sont définis, selon le code UIC719R, trois types de plateforme correspondantes à trois classes de capacité de support :

P1 : plate-forme de médiocre qualité

P2 : plate-forme de moyenne

qualité. P3 : plate-forme de

bonne qualité.

Tableau N°VII- 2-la classe de la portance de la plate-forme selon (Normes UIC 719 R p.16)

Qualité du sol support	Classe de la Plate-forme	Couche de forme	
		Qualité	Épaisseur min (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

❖ **Plate-forme proposée :**

À la lumière des éléments précédemment exposés, (Les résultats des essais géotechniques réalisés sur les matériaux prélevés des zones appartiennent à le tronçon de PK 35+000 jusqu'à le PK 50+000.) y compris la classification des qualités du sol selon la catégorie QS1 et les recommandations fournies par les UIC, nous préconisons l'utilisation d'une plateforme de type P3 (qualifiée de bonne plateforme) qui doit être dimensionnée en tenant compte des caractéristiques spécifiques du sol (QS3).

Les données issues des travaux sur le terrain confirment qu'en considérant une classe QS1 pour la qualité du sol, qui correspond à une bonne plateforme de classe P3, il est alors nécessaire d'ajouter une couche de forme dans la conception. Ces résultats démontrent que la mise en place d'une couche de forme est indispensable pour garantir la performance optimale de la plateforme dans le contexte spécifique de la classe QS1.

❖ Couche de forme :

Concernant la nécessité d'avoir une plateforme de support de qualité de type P3, il a été décidé d'appliquer une couche de forme d'une épaisseur de 50 cm, utilisant un matériau de qualité de sol QS3, sur les zones caractérisées par des matériaux de qualité de sol QS1.

Cette décision vise à garantir les performances et la stabilité nécessaires à la plateforme, en prenant en compte les caractéristiques spécifiques du sol dans ces zones.

La couche de forme de 50 cm d'épaisseur, constituée de matériau QS3, assurera un support solide et homogène à la plateforme, réduisant ainsi les risques de tassement ou de déformation sous l'impact des charges de circulation. Cela permettra à la plateforme de maintenir son intégrité structurelle et sa fonctionnalité à long terme, répondant ainsi aux exigences de qualité de type P3.

VII 5 CALCUL DES ÉPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D'ASSISE :

Le dimensionnement de l'épaisseur mentionnée est réalisé en utilisant la formulation prescrite dans le code **UIC 719 R**. Cette formulation tient compte des paramètres appropriés spécifiques à la section en cours d'étude afin de garantir la résistance et la stabilité nécessaires de la plateforme ferroviaire.

En général, la formule prend en considération des facteurs tels que la nature géotechnique du sol, les charges de circulation prévues, les conditions hydrogéologiques locales, et d'autres variables pertinentes. Cette approche permet d'adapter l'épaisseur de la couche de forme en fonction des besoins spécifiques de chaque projet et des caractéristiques du sol rencontrées sur le terrain.

$$e \geq E + a + b + c + d + f + g$$

Les valeurs et les caractéristiques de ces paramètres son détaillé en annexe selon le code UIC 719 R, p30 .

La détermination des paramètres :

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

Les Valeurs de a : $a=0 m$ « pour le groupe de la ligne UIC 1. »

Les Valeurs de b : $b = \frac{2.50-2.24}{2} = 0.13$

$b = 0.13m$, « pour les traverses béton (Bi-blocs) de longueur de $L= 2,24 m$ VAX U31. »

$c = 0 m$; « pour un dimensionnement normal. »

$d = 0,05m$; « Pour une charge de 22.5 tonne/essieu. »

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

$g = 0$; « Sans géotextile en sol QS3 »

$$e = 0.45 + 0 + 0.13 + 0 + 0.05 + 0 + 0 = 0.63m \approx 0.65 m$$

Donc notre structure de voie :

Épaisseur de la couche de ballast : 30cm

Épaisseur de la couche de sous-ballast : 20 cm.

Épaisseur de la couche de fondation : 15 cm

Épaisseur de la couche de Forme : 50 cm

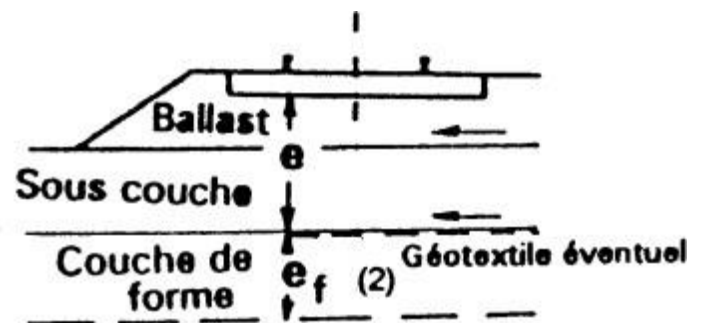


Figure N°VII- Épaisseurs des composants de la structure d'assise

VII 6 Conclusion

La stabilité a toujours été la condition la plus importante dans la construction de toute infrastructure. Dans le domaine des chemins de fer, il est essentiel que l'assise soit efficace pour garantir des voyages en train sûrs et une durée de vie maximale du projet. Avec la diversité géologique de notre pays, chaque projet nécessite une approche spécifique dans la conception de s'assise, en tenant compte des normes de la SNTF et en faisant appel à des experts dans ce domaine. Sur cette base, nous avons finalement conçu la fondation de la voie ferrée pour cette section et déterminé ses dimensions nécessaires pour résister aux charges et garantir la stabilité de la structure

CHAPITRE VIII :
PROFIL EN TRAVERS

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS**VIII.1 INTRODUCTION :**

La création de la coupe transversale dans un projet ferroviaire est en effet une étape essentielle pour visualiser et concrétiser les profils souhaités du chemin de fer. Cela permet de déterminer le profil type qui sera projeté pour le corridor, ainsi que les volumes de déblais et de remblais nécessaires pour l'aménagement du terrain.

Les terrassements sont alors utilisés pour mettre en œuvre ces profils et assurer la mise en place de la structure de base et du système de drainage. En d'autres termes, ils permettent de modifier le terrain conformément aux spécifications du projet, garantissant ainsi la stabilité et la sécurité de l'infrastructure ferroviaire.

La coupe transversale offre une représentation détaillée des caractéristiques topographiques du chemin de fer, ce qui est crucial pour la prise de décisions en matière de construction, de sécurité et d'efficacité opérationnelle. En outre, elle prend en compte les facteurs environnementaux afin de minimiser l'impact sur l'écosystème environnant.

VIII.2 Les élément du profils en travers :

- **Les éléments 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 : voie unique.
 - ✓ Le type de traverse utilisé.
 - ✓ La valeur de devers en courbe (maximum).
 - ✓ L'épaisseur de la couche de ballast.
- **Les éléments de l'infrastructure :**
 - ✓ Les épaisseurs et la nomination des chaque couche.
 - ✓ Les pentes transversales de chaque couche.
 - ✓ La pente latérale de la plate-forme.
- **Les éléments du talus :**
 - ✓ La pente de chaque talus.
 - ✓ Les ouvrages de consolidation Éventuels.
- **Les éléments d'assainissement :**
 - ✓ Le type et la dimension des ouvrages d'assainissement et/ou des drains.

VIII.3 Le profils en travers du projet d`étude :

Le profil en travers type de ce projet ferroviaire, conçu pour une voie unique avec une possibilité de dédoublement ultérieur, présente une largeur de plateforme de 8,0 mètres, que ce soit en déblais ou en remblai. Cette configuration asymétrique comprend une portion droite de la plateforme mesurant 4,70 mètres de largeur.

La superstructure est composée de rails UIC-60, avec un espacement de 1435 mm, et de traverses bi-bloc reposant sur un ballast. Ce dernier affiche une épaisseur minimale de 0,30 mètre et une pente latérale de 2/3, assurant ainsi la stabilité et la durabilité de l'infrastructure.

Quant à la plateforme et à la couche de forme ainsi qu'au sous-ballast de la voie, elles sont conçues en chapeau de chinois décentré du côté gauche, prévoyant ainsi une éventuelle duplication de la voie. Les inclinaisons transversales sont fixées à 4%, garantissant un nivellement approprié et une circulation fluide des trains.

Cette configuration du profil en travers est essentielle pour assurer la sécurité, l'efficacité et la flexibilité de l'infrastructure ferroviaire, tout en anticipant les besoins futurs de développement et d'expansion du réseau.

VIII.4 Assise ferroviaire :

Dans les zones de remblai et de déblais, les talus ont été configurés avec une inclinaison de 2/3, ce qui garantit leur stabilité. De plus, des fossés longitudinaux ont été construits au pied des talus, avec des dimensions de $b = 0,5$ mètres en largeur et $h = 0,5$ mètres en hauteur, permettant ainsi un bon drainage des eaux pluviales et contribuant à la préservation de l'intégrité des talus.

Les cubatures de terrassement font référence aux variations de volume des déblais et des remblais engagés dans le projet. Ces variations sont essentielles pour obtenir une surface uniforme alignée avec la ligne de projet sous-jacente. Elles sont déterminées en prenant en compte plusieurs éléments clés :

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

Pour notre projet, le calcul automatique des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel autopiste, les détails de calcul résumés dans les tableaux suivant :

Tableau N°VIII 1-Les cubatures des terrassements.

Volume déblais (m ³)	Volume remblais (m ³)
77467,6	2978316,4

Tableau N°VIII 2-Les cubatures des couches d'assise.

Nature	Ballast	Sous ballast	Couche de fondation	Couche de forme
Volume (m ³)	35186,3	25078,2	25078,2	44111,3

NB : Les profils en travers types sont joints en annexe en format A3.

VIII.5 Conclusion

Le chapitre sur le profil en travers traite de la configuration spécifique de la voie ferroviaire, y compris la largeur de la plateforme, la superstructure des rails et des traverses, ainsi que les caractéristiques des talus et des fossés pour le drainage. Il décrit également les variations de volume des déblais et des remblais nécessaires pour maintenir une surface uniforme alignée avec la ligne du projet.

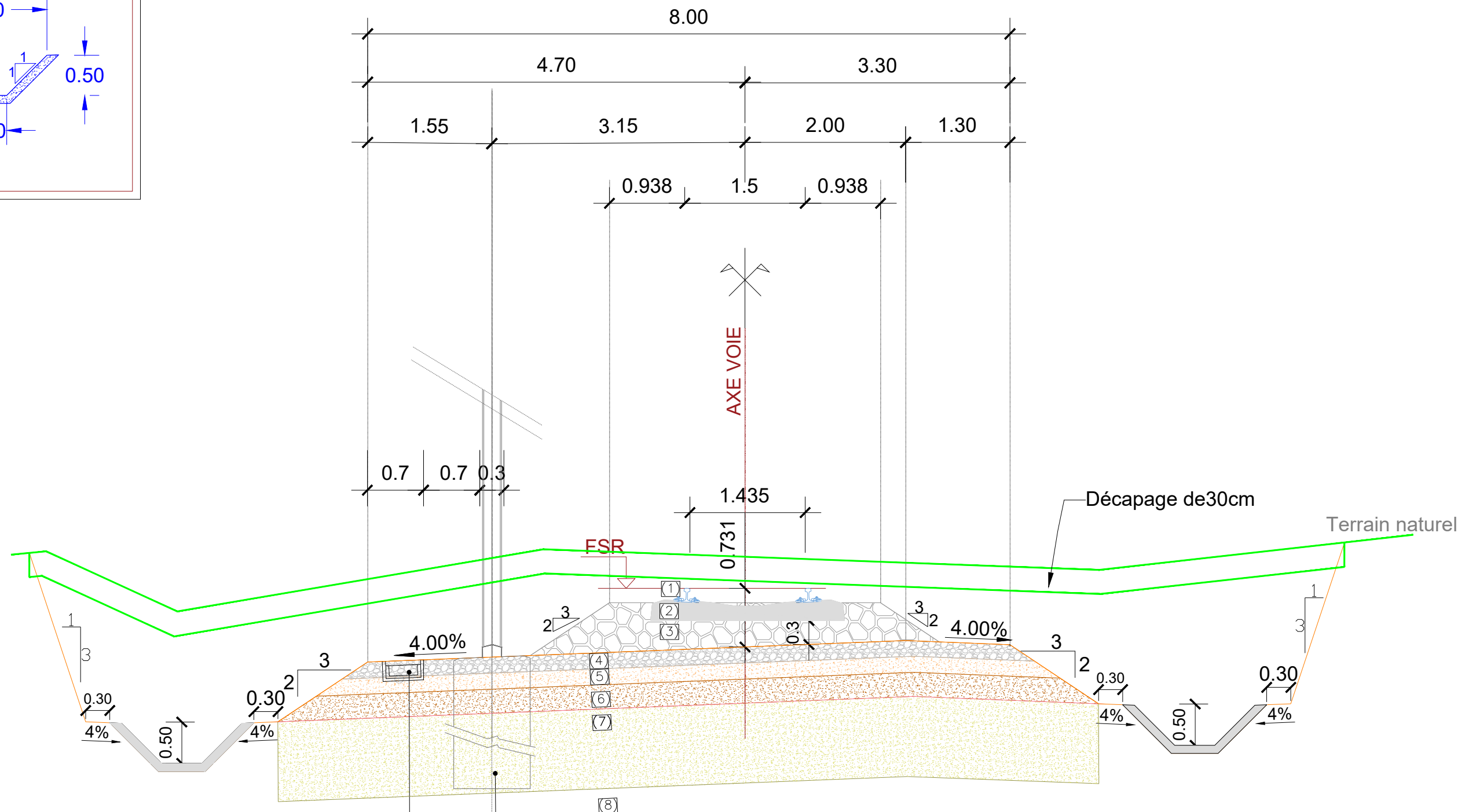
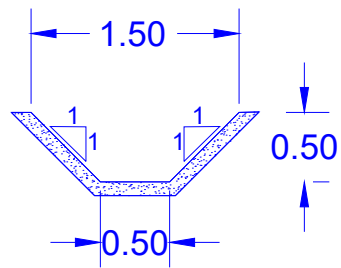
PROFIL EN TRAVERS TYPE

Echelle 1/100

Déblai

Détail du fossé type -1-

Ech: 1/100



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

Etude de réalisation de la ligne ferroviaire HASSI
 MEFSOUKH - HASSI MAMACH du PK 35+000 du
 50+000 avec la conception de la gare STIDIA

Réalisé par

HAFSAOUI Maissa
 ABDI Abdellah

Encadré par

MR F.DAHMANE

Echelle

1/1000

N° Planche

1

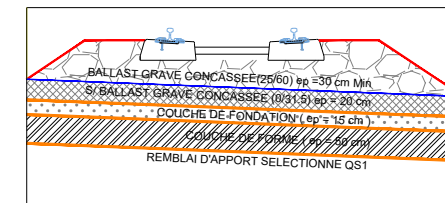
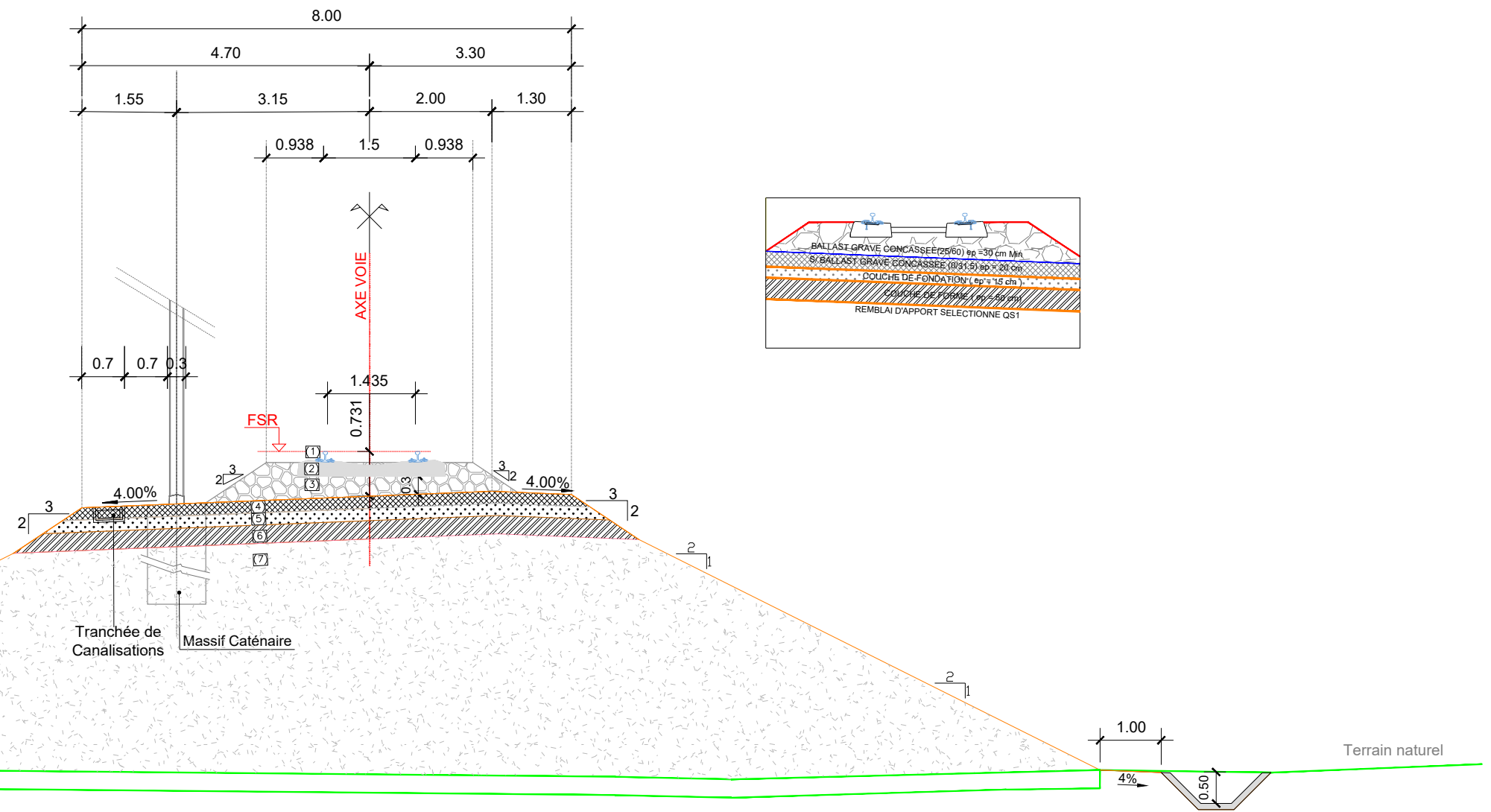
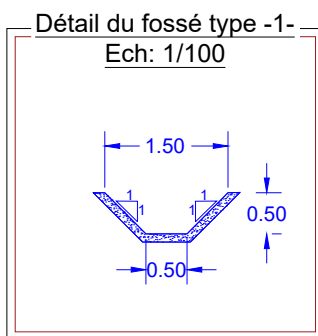
Année universitaire

2023 / 2024

PROFIL EN TRAVERS TYPE

Echelle: 1/100

Remblai



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

Etude de réalisation de la ligne ferroviaire HASSI MEFSOUKH - HASSI MAMACH du PK 35+000 du 50+000 avec la conception de la gare STIDIA

Réalisé par

HAFSAOUI Maissa
ABDI Abdellah

Encadré par

MR F.DAHMANE

Echelle

1/1000

N° Planche

2

Année universitaire

2023 / 2024

CHAPITRE IX :
TERRASSEMENTS ET
OUVRAGES

CHAPITRE IX : Terrassements et Ouvrages**IX.1 INTRODUCTION :**

Les terrassements et ouvrages sont essentiels pour tout projet ferroviaire ambitieux, formant les fondements du système ferroviaire. Ce chapitre examine l'importance de ces éléments, les phases et techniques nécessaires, et les considérations géotechniques et environnementales.

Il explore aussi l'intégration des ouvrages, comme les ponts, pour surmonter les obstacles naturels et urbains. L'objectif est de fournir une compréhension complète des bases nécessaires à un réseau ferroviaire durable et efficace.

IX.2 Les terrassements :

Le terrassement désigne l'ensemble des opérations de travaux publics visant à préparer le terrain pour la construction en modifiant sa forme et ses caractéristiques.

Ces opérations incluent l'excavation (enlèvement de la terre ou des matériaux du sol), le déblai (déplacement des matériaux retirés), le remblai (ajout de matériaux pour remplir des creux ou élever le niveau du sol), le nivellement (uniformisation de la surface du sol) et le compactage (compression du sol pour augmenter sa densité et sa stabilité).

Le but du terrassement est de créer une base stable et adaptée pour la réalisation de fondations de diverses infrastructures.

IX.2.1 Ouvrages en terre :

Les ouvrages en terre sont des structures ou constructions réalisées principalement à partir de matériaux terreux, tels que la terre battue, l'argile, le sable ou d'autres types de sols. Exploitant les propriétés naturelles de la terre pour créer des constructions solides et durables, ces ouvrages incluent une variété de réalisations comme les digues et barrages en terre, les talus et remblais, les fondations en terre, les murs en terre et les terrasses agricoles.

IX.2.1.1 Exigences environnementales des ouvrages en terre:

Les exigences environnementales des ouvrages en terre englobent une série de critères visant à minimiser l'impact écologique de ces structures. Ces critères incluent le choix de matériaux locaux et exempts de contaminants, une gestion efficace des eaux de ruissellement pour prévenir l'érosion et les glissements de terrain, la préservation de la biodiversité locale en évitant la fragmentation des habitats naturels, l'évaluation et la minimisation des impacts sur les cours d'eau, la mise en place de plans de réhabilitation des sites après leur usage, et l'adaptation des ouvrages aux changements climatiques en renforçant les structures et en améliorant les systèmes de drainage.

IX.2.1.2 Conditions de réalisation des remblais :

Les conditions de réalisation des remblais incluent une série de mesures et de pratiques visant à assurer leur stabilité et durabilité. Elles comprennent une étude géotechnique préalable pour déterminer la portance et les caractéristiques mécaniques du sol et évaluer les risques de tassements différés et de stabilité des pentes. Le choix des matériaux est crucial, en privilégiant des matériaux non gélifs et granulaires.

La préparation du terrain implique le décapage et l'élimination des matériaux organiques, suivis de la mise à niveau. La mise en œuvre des remblais consiste à étager et compacter chaque couche de manière systématique. Une gestion adéquate des eaux est nécessaire, prévoyant un système de drainage pour éviter l'accumulation d'eau. Enfin, des contrôles et vérifications assurent la conformité des matériaux et des techniques, et le respect des normes de sécurité et environnementales est essentiel pour garantir la qualité du projet.

IX.2.1.3 Conditions de réalisation des déblais :

Les conditions d'excavation de déblai englobent une série de mesures essentielles pour garantir une opération sécurisée, efficace et conforme aux normes techniques et environnementales. Tout d'abord, une analyse géotechnique préalable du site est indispensable. La préparation du chantier inclut l'installation des dispositifs de sécurité et la mise en place des accès. Le choix des méthodes et équipements doit être adapté au type de sol, utilisant des techniques manuelles, mécaniques ou hydrauliques appropriées. La gestion des matériaux excavés nécessite leur classification et stockage temporaire en vue de leur réutilisation ou élimination.

Un système de drainage doit être prévu pour évacuer les eaux de pluie et souterraines. La sécurité du chantier repose sur une surveillance continue et l'utilisation correcte des équipements de sécurité. Des sondages et tests réguliers assurent la conformité avec les spécifications techniques. Le respect des réglementations environnementales est crucial pour protéger l'environnement. Enfin, une planification et une coordination détaillées sont nécessaires pour orchestrer toutes ces activités de manière harmonieuse.

IX.2.2 La stabilité :

La stabilité des ouvrages en terre fait référence à la capacité de ces structures à maintenir leur intégrité et sécurité à court et à long terme. Elle est évaluée à l'aide de calculs basés sur les

caractéristiques du sol, notamment la résistance, le poids spécifique (γ), la cohésion (C'), et l'angle de frottement interne (ϕ').

Les méthodes de calcul appropriées prennent en compte la pente du terrain, la charge appliquée, et les conditions environnementales pour minimiser les risques de glissement ou d'affaissement, démontrant ainsi la capacité de l'ouvrage à résister aux forces exercées sur lui.

IX.3 Tassement :

Le tassement désigne la diminution de volume ou l'affaissement d'un sol ou d'un ouvrage sous l'effet d'une charge appliquée. Ce phénomène est généralement dû à la compression des particules de sol et à l'expulsion de l'eau et de l'air contenus dans les vides entre ces particules.

Les tassements peuvent être immédiats, se produisant peu de temps après l'application de la charge, ou différés, survenant sur une période plus longue en raison de processus comme la consolidation ou le fluage du sol.

La prévision et la gestion des tassements sont cruciales pour assurer la stabilité et la durabilité des structures construites sur ou dans le sol.

IX.3.1 Pentes de talus:

Afin d'assurer la sécurité et la stabilité globale de la construction, des études géotechniques sont menées pour déterminer la pente optimale du talus. Cette détermination dépend de plusieurs facteurs : les caractéristiques géotechniques des sols, la hauteur de l'ouvrage, la topographie du site et les risques naturels. Les pentes de talus couramment utilisées, exprimées en fraction base (V) sur hauteur (H), sont les suivantes

- En déblai : 1/2, 2/3.
- En remblai : 2/3, 1/2 (et 1/1 ou 1:1,25 dans le cas d'un réseau rocheux).

IX.3.2 Compactage :

Le compactage est le processus mécanique consistant à augmenter la densité d'un sol en particulier le volume des vides entre les particules. Ce procédé est réalisé en appliquant une énergie de compression, généralement à l'aide de machines telles que des rouleaux compresseurs, des plaques vibrantes ou des pilonneuses. Le compactage améliore les propriétés mécaniques du sol, notamment sa résistance, sa capacité portante et sa stabilité, tout en précisant

sa perméabilité et ses risques de tassement différé. C'est une étape essentielle dans la construction de remblais, de routes, de fondations et d'autres ouvrages de génie civil pour garantir leur performance et leur durabilité.

IX.4 Les ouvrages :

Les ouvrages de travaux publics sont des constructions et infrastructures réalisées par les collectivités publiques (états, régions, municipalités) ou pour leur compte, destinées à servir l'intérêt général et à améliorer les conditions de vie de la population. Ces ouvrages de réalisation comprennent une large gamme de s, parmi lesquelles :

- Ponts Rail.
- Ponts routiers.
- Passages inférieures (Ponts cadre).
- Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots).
- Les structures de protections.

Noter projet impliquant un ouvrage d'art au PK 45+410 qui franchit à la fois une voie ferrée existante de la ligne Mohammedia-Mostaganem (au PK 45+351) et la route existante RN 17 (au PK 45+410)

IX.4.1 Influence sur le choix du type d'ouvrage :

Le choix du type d'ouvrage dans le domaine des travaux publics est influencé par

- Nature et caractéristiques du sol
- Objectifs fonctionnels
- Contraintes environnementales
- Réglementations et normes
- Conditions
- Contexte économique et financier
- Technologies et matériaux disponibles
- Durabilité et entretien
- Impacts sociaux et culturels
- Délais de réalisation

Tableau N°IX 2-Liste des conduites de GAZ et leur PK.

Obstacle à franchir	PK	État de sol
Conduites de GAZ	47+406	Remblai
Conduites de GAZ	48+543	Remblai

Les méthodes de protection des conduites de gaz peuvent inclure les éléments suivants :

- **Manchons de protection** : Revêtements tubulaires en acier ou en béton.
- **Gaines en acier.**
- **Revêtements protecteurs** : Application de revêtements en polyéthylène pour améliorer la résistance aux impacts et aux vibrations.
- **Enveloppement en béton.**
- **Caisson en acier** : Structure tubulaire en acier.
- **Tunnels de protection.**
- **Enveloppement en matériaux composites** : Utilisation de fibre de verre renforcée de résine.
- **Protections anti-vibration** : Amortisseurs ou supports spéciaux installés entre le tracé ferroviaire et les conduites de gaz pour réduire les vibrations transmises.

Ces mesures visent à minimiser les risques de dommages pendant la construction et l'exploitation du tracé ferroviaire, nécessitant une évaluation des risques et une collaboration étroite avec des experts en ingénierie et des gestionnaires du réseau de gaz.

IX.5 Conclusion :

Ce chapitre souligne l'importance cruciale des opérations de terrassements et de la construction des ouvrages d'art dans la réalisation réussie d'un projet ferroviaire. Leur rôle essentiel nécessite une approche rigoureuse et une collaboration étroite entre les différents intervenants. En respectant scrupuleusement ces phases clés, nous garantissons un réseau ferroviaire sûr, fiable et efficace. En investissant dans la qualité des terrassements et des ouvrages d'art, nous contribuons à créer une infrastructure ferroviaire durable répondant aux besoins de mobilité et de connectivité de notre société moderne.

**CHAPITRE X : Conception et
Aménagement de la Gare**

CHAPITRE X : CONCEPTION ET AMÉNAGEMENT DE LA GARE**X.1 INTRODUCTION:**

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains. Elle comprend diverses installations qui ont une double fonction permettre la montée et la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises. De plus, certaines gares assurent des fonctions de sécurité dans la circulation des trains

Dans ce chapitre, nous explorerons en profondeur les principaux aspects à considérer lors de la conception d'une gare ferroviaire. Nous mettrons l'accent sur la planification urbaine, les défis liés à l'accessibilité, les technologies modernes et les considérations environnementales. Notre objectif est de conjuguer innovation et fonctionnalité pour façonner des hubs de transport essentiels dans notre société moderne.

X.2 Type de gare:

On distingue plusieurs types des gares :

- Gare de voyageur.
- Gare marchandise.
- Gare mixte.
- Gare de croisement.

X.3 Étude du plan de d`une gare :

Il faut élaborer le plan de gare de sorte à maximaliser le traitement des besoins du transport des voyageurs et des marchandises, en tenant compte des conditions géologiques alentours, de l'accessibilité aux routes existantes, des plans d'urbanisme futurs, etc.

Pour les dimensions de la gare, il faut tenir compte des installations voyageurs, de la conduction, des véhicules, des marchandises, des voies, de l'énergie et de la signalisation, ainsi que de la maintenance de ces installations.

L'endroit doit faciliter le rassemblement et la dispersion, mais également la liaison avec les autres moyens de transport.

L'endroit doit être exempt de déclivité ou courbe rapide devant et derrière la gare. Le terrain se doit d'être droit et plat dans la gare.

Le terrain doit disposer de l'espace nécessaire, mais également tenir compte d'éventuelles extensions futures de la ville. Le terrain doit être en pente dans la zone d'arrivée et en descente dans la zone de sortie.

L'endroit idéal tiendra compte des zones d'habitations alentours, de l'urbanisme, du besoin de transport, de la facilité d'utilisation, de l'efficacité d'exploitation et des points relatifs à la conduction des trains. L'endroit idéal tiendra compte de l'évolution des conditions futures, du raccordement aux autres lignes.

X.3.1 Conditions de conception des gare :

Les conditions de conception des gares sont déterminées par plusieurs aspects essentiels :

- ✓ **Coordination avec l'urbanisme existant** : L'étude du bâtiment voyageurs (B.V) doit se faire en collaboration avec le plan d'urbanisme en vigueur. Cela garantit une intégration harmonieuse de la gare dans son environnement urbain.
- ✓ **Optimisation du plan de la gare** : Le plan de la gare doit être élaboré de manière à répondre efficacement aux besoins de transport des voyageurs et des marchandises. Cela

implique de prendre en compte les conditions géologiques environnantes, l'accessibilité aux routes existantes et les futurs projets d'urbanisme.

- ✓ **Choix du terrain** : Le site choisi pour la construction de la gare doit non seulement offrir suffisamment d'espace pour les installations actuelles, mais aussi tenir compte des possibilités d'extensions futures de la ville. Cela garantit la durabilité et l'adaptabilité de la gare aux évolutions urbaines à long terme.

En prenant en compte ces conditions lors de la conception d'une gare, il est possible de répondre de manière optimale aux exigences du transport ferroviaire tout en s'intégrant harmonieusement dans l'environnement géographique, en tenant compte des besoins de mobilité et des perspectives de développement urbain.

X.3.2 Installations d'une gare a voyageur :

Les installations présentes dans une gare ferroviaire comprennent plusieurs constructions et structures qui varient en fonction du type, de la conception et de la catégorie de la gare.

- ✓ **Le bâtiment de voyageurs** : Le BV est le bâtiment destiné à l'accueil des voyageurs. Il peut être de taille très variable ; généralement, il comporte un hall, des guichets ainsi qu'une ou plusieurs salles d'attente . On y trouve aussi une partie administrative et des

logements pour le chef de gare et les cheminots ; Parfois il comporte aussi un restaurant ;le plus souvent remplacé par des formes de restauration rapide.

- ✓ **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :** c'est un espace de service réservé au personnel ferroviaire, destinés à diverses fonctions.
- ✓ **Quais :** c'est une bande parallèle à la voie ferrée, permettant aux voyageurs d'accéder aux trains en toute sécurité.
- ✓ **Abris de quais :** c'est une installation sur les quais afin de protéger les voyageurs des intempéries.
- ✓ **Les passages sous terrain et les passerelles :** c'est construction permettant aux passagers de traverser les voies et de changer de quai en toute sécurité.

Ainsi, ces différentes installations contribuent à la fonctionnalité et à la sécurité des voyageurs au sein de la gare ferroviaire.

X.3.3 Détails sur le gare de STIDIA :

Le gare de STIDIA (axe du Bâtiment Voyageur) est située de PK 39+250 au PK 40+625 cette gare est sur un palier de 0‰ de longueur de 1576.756 m entres aiguilles des appareils de voie, les BS de ce faisceau sont du type droit ; la gare est composée de :

- Deux voies principales et une voie de service de longueurs utiles environ de :
 - ✓ 1168,00 m pour la voie 1.
 - ✓ 998,00 m pour la voie 2.
 - ✓ 998,00 m pour la voie 4 (voie de service).

Deux voies tiroirs de longueur chacune de 55 ml environ situés aux prolongements de la voie 2 au niveau des appareils de voie d'entrée.

- De deux quais de 225 m de longueur et de 8 m de largeur.
- D'un bâtiment voyageur situé à gauche des voies .

X.3.4 Caractéristiques des installations de la gares :

X.3.4.1 Quai :

- **La longueur de quai :**

-Grande ligne 225 m.

-Service régional 225 m.

- **La largeur des quais :**

-Quai intermédiaire B > 8 m.

- La distance à l'axe de la voie 2 :

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à : $L \text{ (mm)} = 1650 + S$.

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

Avec :

R : rayon de voie (m) ; I = écartement de voie (mm)

- L'entraxe des quais :

-e normal > 11.3 m.

-e minimal > 5.00 m

APPLICATION :

Notre gare est constituée de deux quais

Quais	Pk début	Pk fin	Longueur	Largeur	Hauteur	Distance à l'axe
A	39+825	40+050	225 m	8 m	55 cm	1650 cm
B						

Tableau N°X 1-Les dimensions des Quais.

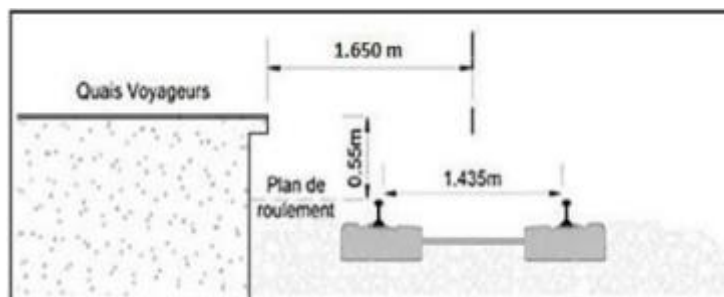


Figure N°X 1-Gabarits – Quais Voyageurs.

X.3.5 Caractéristiques des dispositifs de liaison

- Les appareil de voie

Un appareil de voie est un dispositif permettant d'assurer la continuité de la voie pour un itinéraire choisi parmi divers itinéraires divergents ou sécants. Les appareils de voie sont de deux types :

- les branchements,
- les traversées.



Figure N°X 3-appareil de voie par branchements

Figure N°X 2-appareil de voie par traversées

La typologie du faisceau de la gare a été maintenue, les appareils de voie des têtes du faisceau sont du type UIC 60 1/12 500 en communication, quant à la voie 4, elle est desservie de part et d'autre par deux appareils de voie du type UIC 60 1/9 300.

La vitesse d'exploitation sur la voie principale au niveau de la gare est de **160 Km/h**, l'exploitation de cette vitesse au niveau les appareils se fait sur la voie directe de ces appareils, **la voie 2** sera exploitée avec une vitesse de **60 Km/h**, quant à **la voie 4** la vitesse a été ramenée à **30 Km/h**.

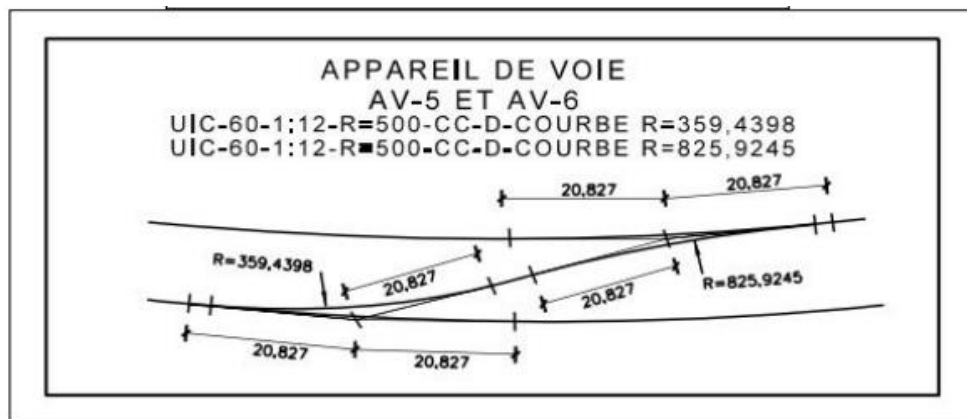


Figure N°X 4-Les appareil de voie

- **Garage franc :**

La zone délimitée par le garage franc indique la portion de la voie réservée aux véhicules en stationnement. Il est positionné par rapport au cœur de l'appareil de voie, à une distance GF, afin d'assurer un positionnement adéquat de l'élément.

$GF = 3,57 \times N + 1$ Avec $N = \tan(\alpha)$ qui varie selon l'ouverture de l'ADV.

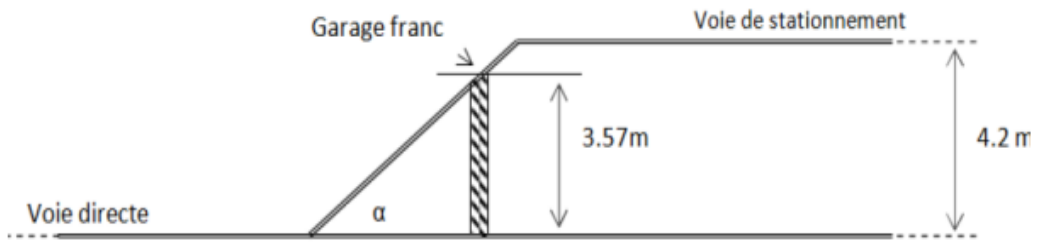


Figure N°X 5-Schéma illustratif du garage franc.

• **La longueur utile d'une voie de stationnement :**

Son objectif est d'assurer un espace suffisant pour le stationnement des trains sans perturber le trafic sur les voies principales ou les autres voies de dépassement à proximité. Elles garantissent ainsi un fonctionnement sûr et efficace des voies ferroviaires conformément aux normes établies par la SNTF.

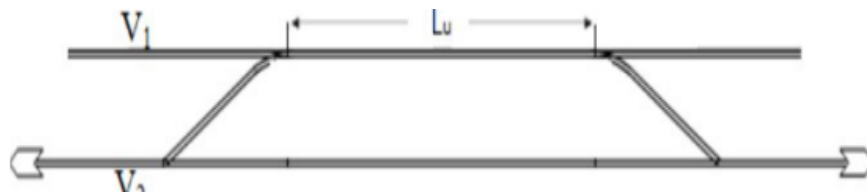


Figure N°X 6-Schéma illustratif de la longueur utile.

- ✓ Voie V1 est de 1168 m (voie principale).
- ✓ Voie V2 : $Lu = 998$ m.
- ✓ Voie V4 : $Lu = 998$ m.

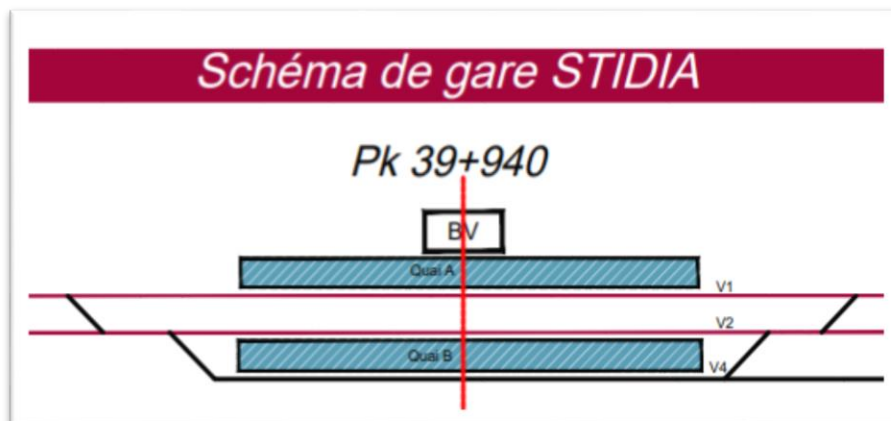
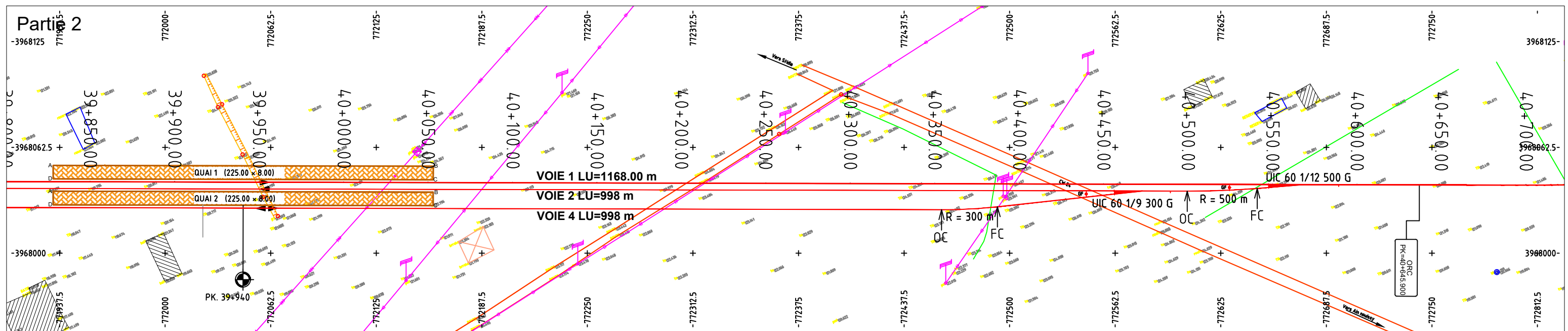
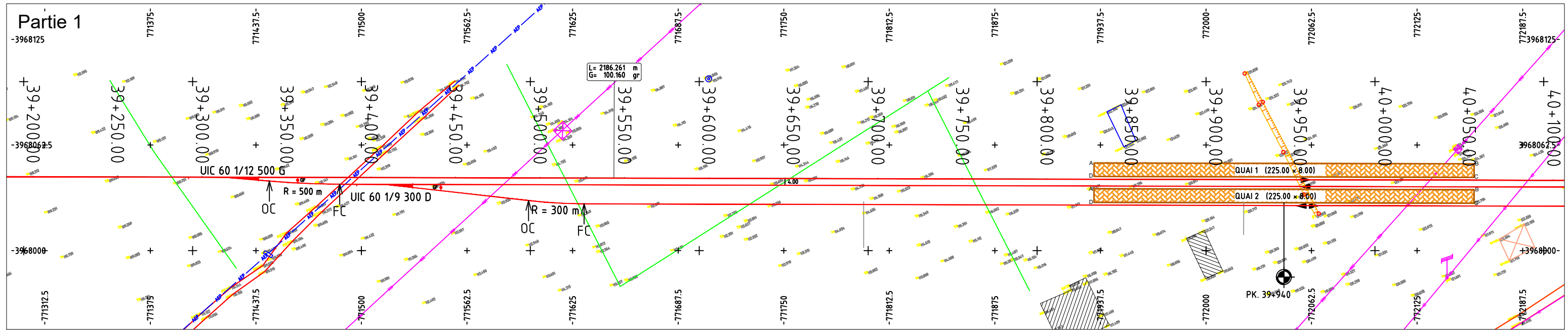
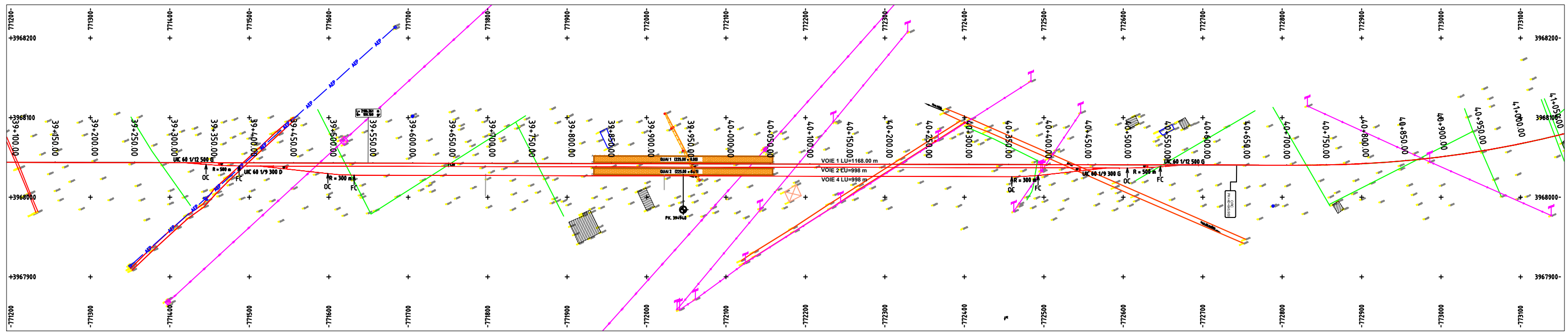


Figure N°X 7-Schéma de la gare .

PROFILE EN TRAVERS TYPE ET LE SCHÉMA DE LA GARE PROPOSÉ : VOIR PLANCHE.



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

Etude de réalisation de la ligne ferroviaire HASSI MEFSOUKH - HASSI MAMACH du PK 35+000 du 50+000 avec la conception de la gare STIDIA

Réalisé par

HAFSAOUI Maissa
 ABDI Abdellah

Encadré par

MR F.DAHMANE

Echelle

1/1700
 1/800
 1/800

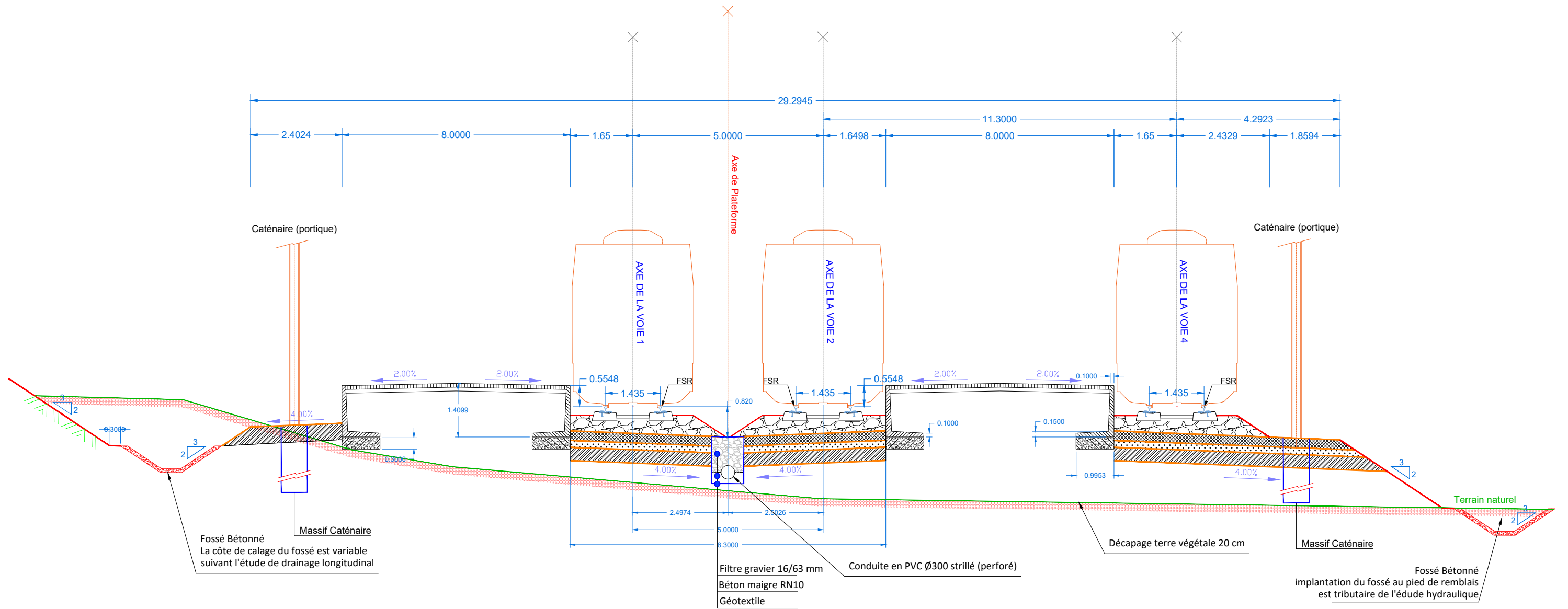
N° Planche

La gare STIDIA du
 PK 39+250 au PK
 40+625

Année universitaire

2023/2024

PROFIL EN TRAVERS TYPE EN GARE (Quais)
ECH : 1/100



CHAPITRE XI :
SIGNALISATION FERROVIAIRE

INTRODUCTION :

La signalisation ferroviaire est un élément crucial du fonctionnement sécurisé et efficace des chemins de fer. Elle fournit des informations vitales pour assurer la sécurité des circulations et optimiser le débit des lignes.

Le principal objectif de la signalisation ferroviaire est d'éviter les collisions, les rattrapages de trains et les déraillements. Elle permet également d'optimiser les circulations en améliorant les arrêts, les changements de vitesse et en augmentant le débit des lignes.

XI.1 Les signaux ferroviaires

Les signaux ferroviaires se divisent en deux catégories, les feux et les panneaux. Ils sont implantés à gauche de la voie, puisque les trains circulent traditionnellement à gauche. Les signaux peuvent également être positionnés à droite lorsque le positionnement classique n'est pas possible (manque de place)



Figure N°XI- 2- la première position

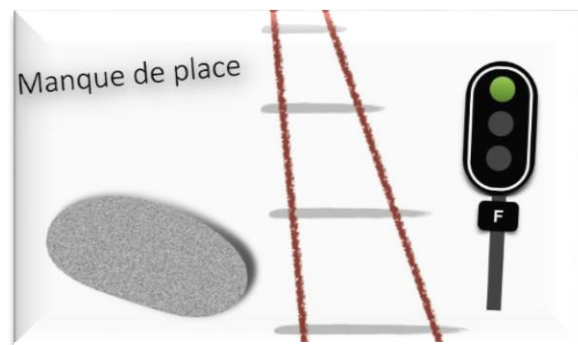


Figure N°XI- 1- la deuxième position

Les feux peuvent être de cinq couleurs différentes : rouge, violet, jaune, vert et blanc, chacune ayant une signification spécifique.

- Le rouge et le violet imposent l'arrêt ou une progression très réduite
- Le jaune commande un ralentissement
- Le vert et le blanc autorisent l'avancement des trains

XI.2 Le BAL « Block automatique Lumineux »

Les lignes à fort trafic sont équipées de systèmes de signalisation automatique appelée « Block automatique Lumineux » qui découpe la ligne en cantons protégés par des signaux lumineux. Ce système est entièrement automatique entre deux gares. Le principe du cantonnement est appliqué de manière à éviter le rattrapage des trains. La ligne est en effet découpée en canton de 1 à 2 km généralement. Chaque canton est protégé par un signal lumineux composé de trois feux : un vert, un rouge et un jaune

- ✓ Le feu vert indique que la voie est libre
- ✓ Le feu rouge que l'on nomme sémaphore impose l'arrêt des trains et leur permet de redémarrer à 30 km/h.
- ✓ Le feu jaune est un avertissement, il indique que le prochain signal est au rouge. Le train doit donc ralentir pour être en mesure de s'arrêter avant ce dernier.

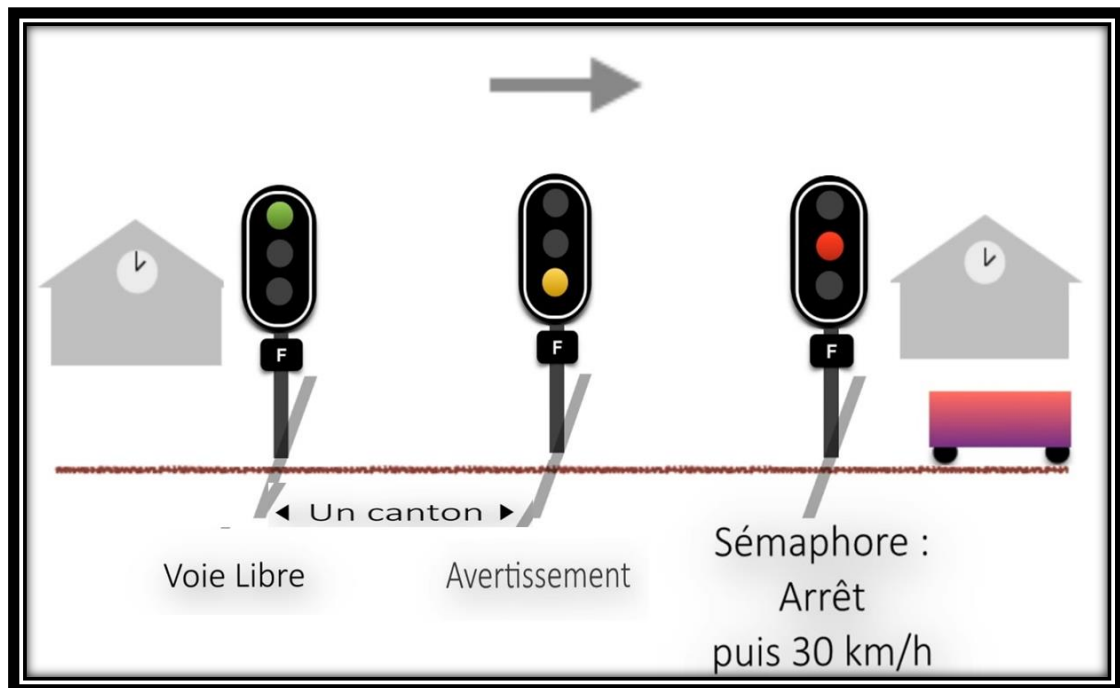


Figure N°XI- 3-Block automatique Lumineux

Au niveau des bifurcations il faut éviter les collisions et les déraillements lorsque la voie est occupée par un autre train ou que les aiguillages ne sont pas correctement positionnés. Un simple sémaphore ne suffit pas car le redémarrage des trains ne doit pas être possible. Ainsi on utilise un signal composé de deux feux rouges appelé carré qui intime l'arrêt absolu.

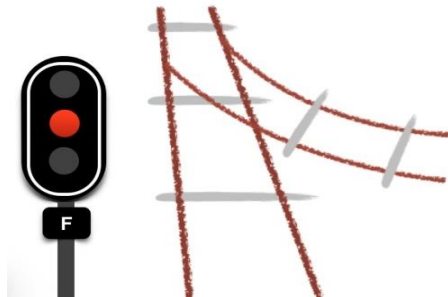


Figure N°XI- 4-redémarrage autorisé

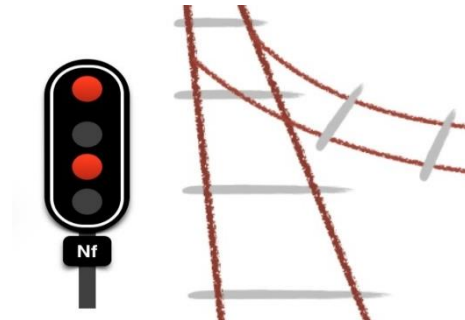


Figure N°XI- 5-Arrêt absolu

On peut également imposer une réduction de vitesse pour prévenir un ralentissement à 30 km/h on utilise deux feux jaunes horizontaux pour anticiper un ralentissement à 60 km par heure. ces mêmes feux clignotent la réduction de vitesse prendra effet à la hauteur de l'aiguillage protégé par un second signal le rappel de ralentissement caractérisé par les mêmes feux mais orientés verticalement

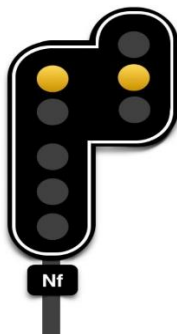


Figure N°XI- 6-ralentissement à 30 Km/h



Figure N°XI- 7-rappel de ralentissement à 30km/h

La réduction prend fin dès que le train a franchi l'aiguillage ou le groupe d'aiguillage. Les feux verts et jaunes restent valables au niveau des bifurcations et garde la même signification. Le feu jaune peut se combiner avec les rappels de ralentissement

XI.3 Le BARP « Block Automatique à Permissivité Restreinte »

Sur les lignes où le trafic est moins dense et par souci d'économie on utilise le bloc automatique à permissivité Restreinte (BAPR). Ce système est proche du BAL il diffère uniquement par l'organisation du cantonnement. En effet les cantons peuvent mesurer jusqu'à 25 km. L'économie de signaux n'est donc pas négligeable le signal de protection de canton est particulier il ne comporte pas d'avertissement, seulement un feu vert et un feu rouge. Il est précédé par un signal situé à environ 1 km en amont qui peut afficher l'avertissement ou voie libre. Contrairement au BAL le sémaphore n'est pas franchissable étant donné la longueur des cantons

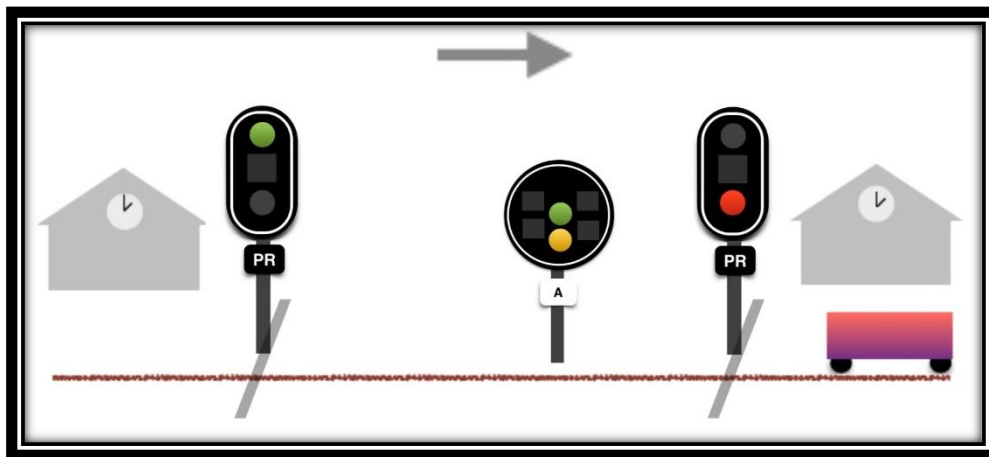


Figure N°XI- 8-Block Automatique à Permissivité Restreinte

XI.4 Le Bloc Manuel (BM).

Sur les lignes à trafic réduit, on emploie le bloc manuel ou BM. Ce système de signalisation est piloté par des agents occupant des postes de cantonnement répartis tout au long d'une ligne ferroviaire. Les signaux utilisés sont les mêmes qu'en B. Sur les lignes à très faible trafic, la signalisation est souvent remplacée par un système dit de cantonnement téléphonique, parfois assisté par informatique.

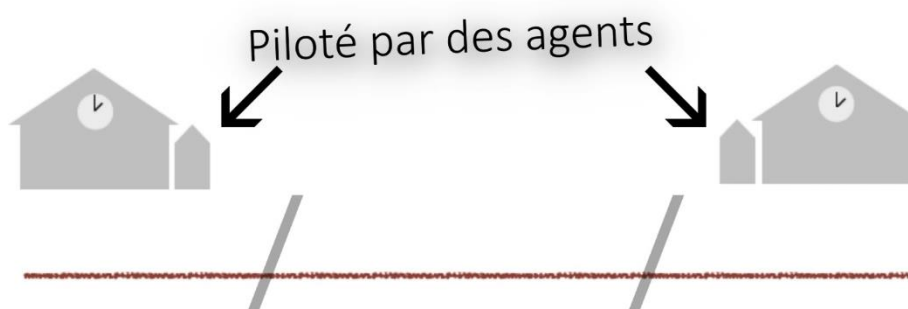


Figure N°XI- 9-Le Bloc Manuel

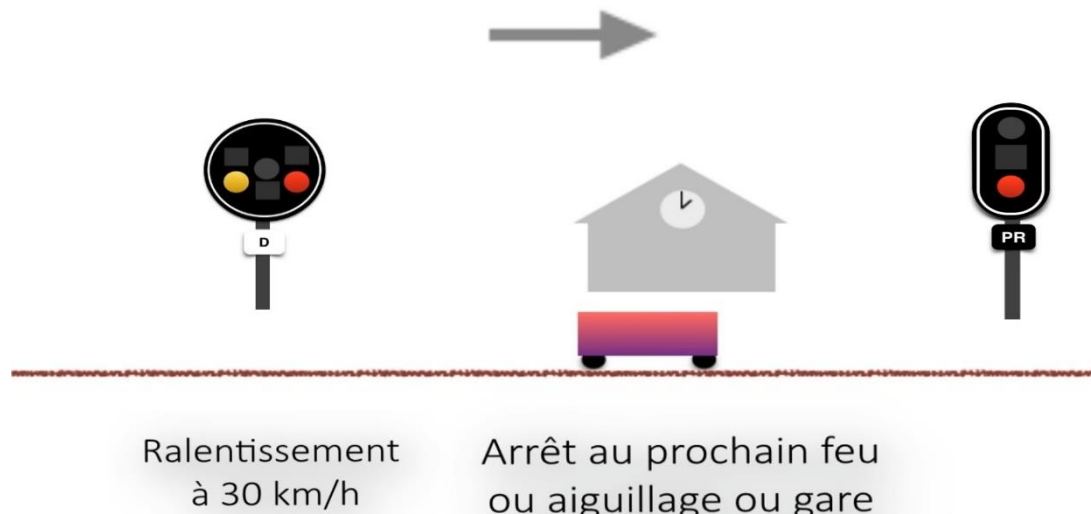


Figure N°XI- 13-un signal particulier

S'il n'y a pas de signal d'arrêt, le train est autorisé à repartir si un signal de cantonnement l'autorise.

XI.6 Limitations de vitesses avec des panneaux

Les signaux lumineux de ralentissement à 30 km/h et 60 km/h ne sont pas les seuls moyens d'indiquer une limitation de vitesse à l'approche d'un aiguillage, on utilise également des panneaux mobiles. Un panneau appelé tableau indicateur de vitesse à distance (TIVD), en forme de losange, permet d'annoncer une limitation de vitesse à distance. Le rappel de limitation est donné par un panneau en forme de carré, nommé tableau indicateur de vitesse (TIV), à chiffre blanc sur fond noir.



Figure N°XI- 14-TIVD



Figure N°XI- 15-TIV

- ❖ Une plaque d'identification portant la mention « **PR** » indique que le signal est un sémaphore de « **BPR** », la mention « **BM** » que le signal est un sémaphore de **BM**. Dans les deux cas, ces sémaphores ne sont pas franchissables.

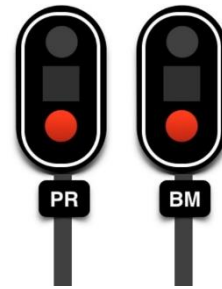


Figure N°XI- 20- les sémaphores de **BPR** et **BM** ne sont pas franchissables

- ❖ Une plaque d'identification portant la mention « **NF** » indique que le signal n'est pas franchissable, qu'il comporte un ou deux feux , il s'agit d'un carré dans le cas où un œiton blanc est allumé, le signal est un sémaphore.



Figure N°XI- 21-Une plaque « **NF** »

- ❖ Une plaque de cantonnement blanche permet de savoir s'il s'agit d'un sémaphore de **BAL**, **BAPR** ou **BM**. Cette dernière disposition permet de remédier à la panne d'un feu rouge composant les deux feux rouges du carré.



Figure N°XI- 23- sémaphore de **BAL**



Figure N°XI- 24- sémaphore de **BAPR**



Figure N°XI- 22- sémaphore de **BM**

- ❖ Une plaque d'où une plaque « A » en lettre noire sur fond blanc indique respectivement un disque et un avertissement de BPR ou BM.

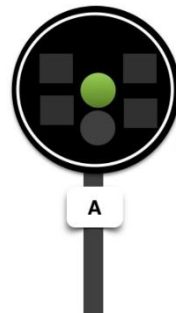


Figure N°XI- 25-un avertissement de BPR ou BM.

XI.9 Autres panneaux ou feux

- ❖ D'autres panneaux ou feux permettent d'apporter des précisions. Les indicateurs de direction et les tableaux indicateurs de direction à distance indiquent la direction prise par un train. Les indicateurs de direction donnent la direction grâce à des feux blancs groupés avec un signal de protection d'aiguillage :



Un feu blanc indique la direction géographique la plus à gauche, trois feux blancs la direction géographique la plus à droite

Figure N°XI- 26-les tableaux indicateurs de direction à distance

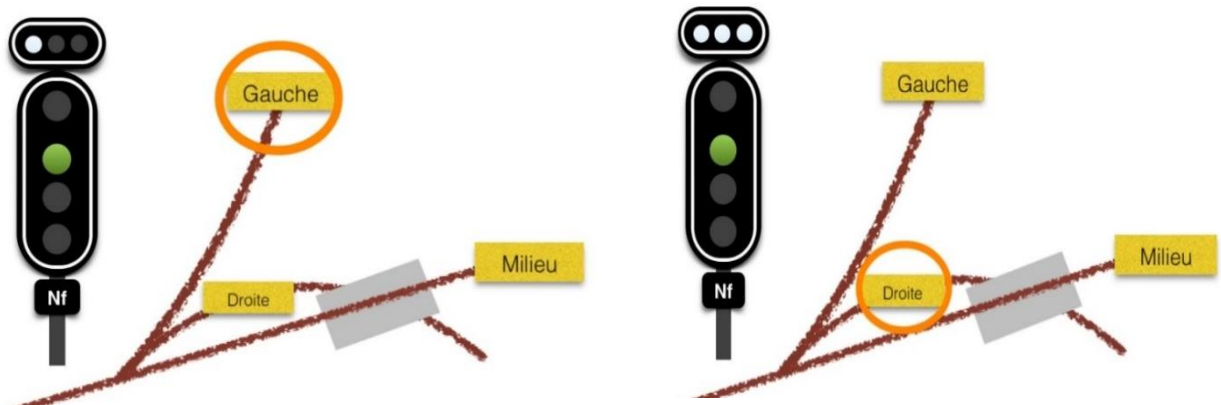


Figure N°XI- 27-les directions géographiques selon le feu blanc

On peut utiliser des panneaux annonçant la gare et des panneaux indiquant où doit s'effectuer l'arrêt du train selon sa longueur. "TGV1" indique le point d'arrêt d'une rame de TGV, "4V"

Celui d'un train composé de 4 voitures. "TT" pour tête de train signale l'emplacement d'arrêts de tous les trains, quel que soit leur nombre de voitures.

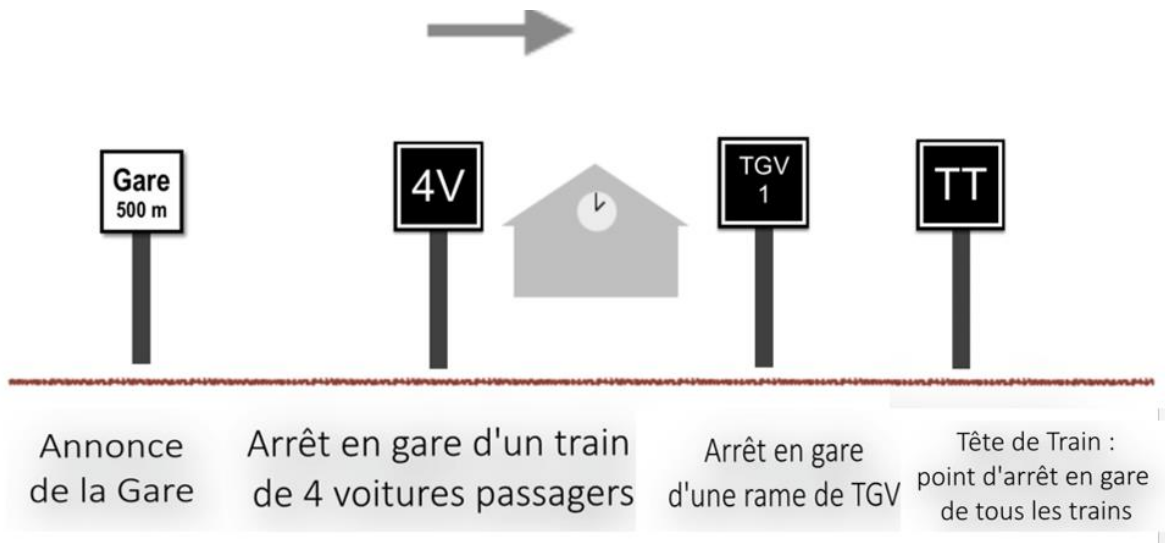


Figure N°XI- 28-les panneaux de la gare

XI.10 LE PRINCIPE DU SYSTÈME ERTMS (signalisation moderne)

Européen Railways Traffic Management System système européen de la gestion de la circulation ferroviaire, il est à trois niveaux. Il s'agit d'un système de contrôle et de commande qui permet d'assurer un trafic ferroviaire standardisé et interopérable. Ce système vise à harmoniser et à faciliter les opérations de gestion du trafic ferroviaire, en garantissant une coordination efficace entre les différents acteurs et en favorisant l'interopérabilité des réseaux ferroviaires.

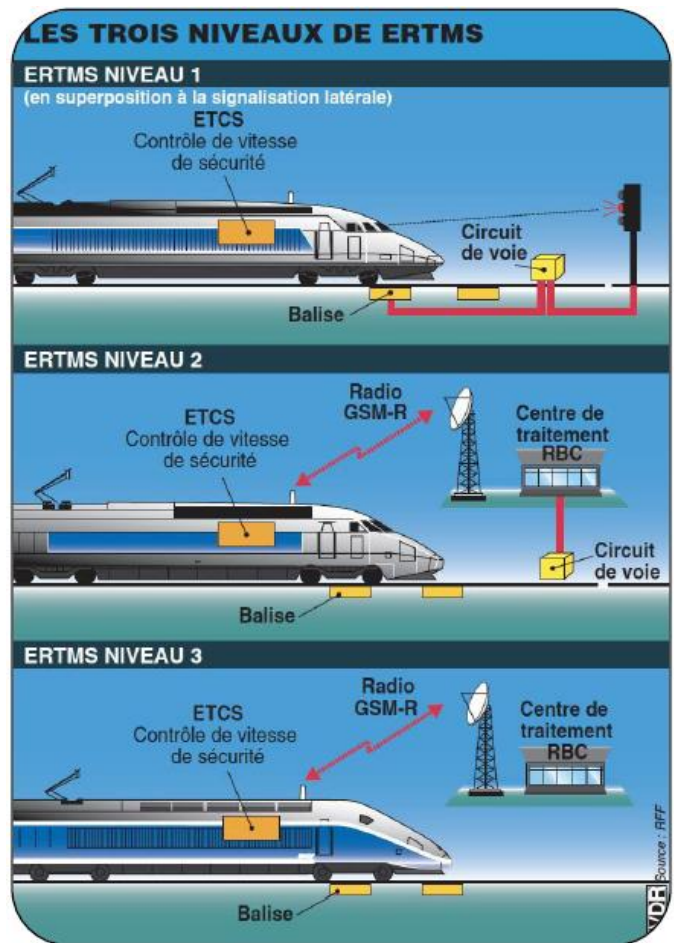


Figure N°XI- 29-le système de contrôle des trains ERTMS.

XI.10.1 LES FONCTIONS D'ERTMS :

- Contrôler l'aspect de la signalisation latérale par la balise standard qui communique avec un autre système à bord de train.
- Donner l'autorité de déplacement jusqu'au prochain système de signalisation latérale en basant sur le principe de blocage fixé.
- Transformer les informations de signalisation latérale à travers l'Unité de contrôle latéral (LEU) afin de transmettre par la balise jusqu'au train.
- Permet au train de transmettre via une antenne sa position et sa vitesse de façon continue à n'importe quel moment.
- Protection des trains : Communication discontinue voie-train via les balises.
- pérabilité des réseaux ferroviaires.

XI.11 CONCLUSION

La signalisation ferroviaire est un élément crucial pour assurer la sécurité, l'efficacité et la fluidité du transport ferroviaire. À travers ce chapitre, nous avons exploré les différents types de signaux, leur fonctionnement et leur importance dans la gestion du trafic ferroviaire. Nous avons vu comment les systèmes de signalisation permettent de prévenir les collisions, de réguler la vitesse des trains et de coordonner les mouvements sur le réseau. En comprenant ces aspects, il devient évident que la signalisation ferroviaire ne se limite pas à des dispositifs techniques, mais qu'elle constitue un pilier fondamental du transport moderne, garantissant la protection des passagers et du personnel, tout en optimisant les performances du réseau ferroviaire.

CHAPITRE XII :
ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT

XII.1 Introduction:

Le développement des infrastructures dans n'importe quel pays réalisera une prospérité économique unique, mais si cela se fait au détriment de la nature, il vaut mieux attendre et envisager toute solution permettant de créer un projet sans causer de dommages à l'environnement. Dans ce chapitre, nous parlerons des répercussions de ce projet sur la région de Stidia et de la Mactaa du point de vue environnemental, en particulier puisque notre pays, l'Algérie, s'est engagé à préserver les forêts et les zones montagneuses dans le cadre du développement durable, engagement traduit par plusieurs lois, notamment :

- Loi n°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable modifiée par l'article 41 de la loi n° 07-06 du 13 mai 2007 relative à la gestion à la protection et au développement des espaces verts (abroge l'article 65 de la loi 03-10), et Article 46 de la loi n° 11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable (abroge les articles 29, 30, 31, 32, 33 et 34 de la loi n° 03-10).
- Loi n°04-03 du 23 juin 2004 relative à la protection des zones de montagnes dans le cadre du développement durable.
- Loi n° 04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.
- Loi 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.

XII.2 Situation de la zone d'étude

La zone est représentée par trois régions géomorphologiques différentes: Le Plateau de Mostaganem à l'est, la Plaine de l'Habra dans la surface centrale, Le Plateau de Saint-Louis et les monts d'Arzew à l'ouest

XII.3 Description de l'état initial de la zone d'étude

XII.3.1L'état physique :

Présenter les caractéristiques climatiques et hydrologiques de cette région et les communes traversées nous donnera une autre perspective sur le parcours que suivra le projet.

Tableau N°XII 1- Description du milieu physique de la région.

	Partie 1	Partie 2
Wilaya traversée	Mascara	Mostaganem.
Commune traversée	Les marais de la Macta (Sidi Mansour)	Stidia , Mezghrane et Hassi Mameche
PK	PK 35+000 au PK 35+500	PK 35+500 au PK 50+000
Longueur du Tronçon	Environ 0.5 Km	Environ 14.5 Km
Terrains traversés	Une partie de la forêt de Stidia, présente une très grande condensation d'arbre et d'arbuste, le tracé de la voie traverse presque 2 Km du pk 36+000 au pk 38+000	
Topographie	Les altitudes varient de 30,00 à 113,00 mètres sur une grande étendue, avec des pentes faibles ne dépassant pas	
Géologie et sismicité	La géologie du terrain varie tel qu'expliquée dans le chapitre VI.	
Climat	La zone d'étude est une partie de l'Algérie du Nord se situe donc sur la zone de contact et de lutte entre les masses d'air polaire et tropical. D'Octobre - Novembre à Mars - Avril, les masses d'air arctique l'emportent généralement et déterminent une saison froide et humide. Les autres mois de l'année, les masses d'air tropical remontent et créent chaleur et sécheresse. Le temps variable, fréquent sur cette zone, est créé par des fronts discontinus, dus à la circulation zonale (d'Ouest en Est) de l'air.	
Hydrologie	La région de Macta est alimentée par trois oueds à débit permanent. . (l'Oued Mebtouh à l'Ouest, l'Oued El Hammam à l'Est et oued de Sig)	

XII.3.2 Milieu humain de la région

❖ Population :

- STIDIA : 8649
- Dradeb : 1752

❖ La répartition des paysages

- Modifié : un paysage modifié par l'influence ou l'activité humaine. Par exemple, des cultures permanentes et temporaires, des forêts exploitées, des pâturages, des cultures sur brûlis. La capacité des paysages modifiés à absorber un degré élevé de changement visuel est influencée par l'ampleur des modifications déjà apportées.
- Bâti : villes, villages et infrastructures associées. Dans la plupart des cas, les environnements bâtis par l'homme ont une plus grande capacité à absorber un degré élevé de changement visuel que les paysages modifiés.

Tableau N°XII 2-La répartition des paysages rencontrés le long de tracé

Localisation	Type de paysage
PK35-PK38	Modifié
PK38-PK39	Bâtit
PK39-PK45	Modifié
PK45-PK50	Bâtit

❖ Tourisme et loisirs

On note la présence de cinq Zones d'Expansion Touristiques ZET sur le territoire des communes de la zone d'études :

- ZET El Macta commune de Fornaka
- ZET Stidia Plage, commune de Stidia
- ZET Ouréah-sablettes communes de Stidia

Les ZET les plus proches du tracé sont les ZET de Stidia plage et Ouréah sablettes qui sont à une distance d'environ 2 km. La ligne ne traverse aucun site de tourisme ou de loisir .

❖ Ligne électrique

Tableau N°XII 3-Ligne électrique

PK 37+843	MT	PK40+405	MT	PK42+298	BT	PK43+191	MT	PK44+044	MT	PK46+976	MT
PK39+478	MT	PK40+881	MT	PK42+354	MT	PK43+255	MT	PK44+467	MT	PK47+465	MT
PK 40+036	MT	PK41+746	MT	PK42+567	MT	PK43+550	MT	PK45+264	MT	PK48+062	BT
PK40+094	MT	PK41+768	BT	PK42+970	MT	PK43+559	BT	PK45+273	HT	PK49+876	MT
PK40+222	MT	PK41+895	BT	PK43+131	MT	PK43+942	BT	PK46+624	MT	PK50+016	BT

❖ **Conduites de gaz :**

- PK47+406
- PK48+543
- PK51+588

❖ **Voie de communication ou transport croisée**

En sortant de la gare voyageurs de Stidia, un passage supérieur franchira le projet au PK42.2 et reliera la route nationale N°17 au sud vers le CW24 au nord. Le tracé rencontrera le voie existante de la ligne Mohammadia – Mostaganem à partir du PK41+750 et suit le tracé de l'actuel ligne ferroviaire jusqu'à leur cisaillement au PK45+350. Le tracé Hassi Mafoukh – Mostaganem passe sur la voie existante Mohammadia-Mostaganem ainsi que la Route Nationale N°17 par un ouvrage d'art en deux travées.

XII.4 Localisation de carrière et de gîte d'emprunts . Zones de stockage des déblais carrières

Gîte d'emprunt n° 2



Figure N°XII - 1- Eventuelle emprunt à Stidia

Terrain Grés du Plateau de Mostaganem (Pléistocène continental p²) et sables d'altération (q) avec carapaces calcaires. Distance la plus courte au tracé: 0,600 km

Estimation du volume: 0.80 x 1,00 km² x 5,00 m (hauteur de l'excavation) = 4.000.000 m³

XII.5 L'estimation des catégories et des quantités de résidus, d'émissions et de nuisances

XII.5.1 Air

La qualité de l'air est un aspect crucial à considérer en raison des effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé humaine et la faune. En Algérie, la pollution atmosphérique est définie comme l'introduction de toute substance dans l'air pouvant porter préjudice à l'environnement, à la santé publique, ou à d'autres aspects.

Dans la zone d'étude, la qualité de l'air peut être affectée pendant les deux phases du projet :

❖ La construction et l'exploitation.

- Pendant la construction, des facteurs tels que la circulation des engins de chantier, les travaux de construction et de terrassement, ainsi que l'exploitation des zones d'emprunt et de dépôt peuvent localement altérer la qualité de l'air. La circulation des engins et véhicules de chantier (émissions gazeuses et particulaires), mais à faible quantité notamment : CO₂, NO_x, CO, particules ;
- L'utilisation des groupes électrogènes dans les chantiers et les bases de vie : CO₂, NO_x, CO, particules.

Les zones potentiellement touchées par cette pollution sont celles situées le long du tracé de la ligne ferroviaire, sur une distance maximale de 500 mètres. La majeure partie des poussières se dépose près du chantier, et l'impact sur la qualité de l'air est généralement réversible une fois les travaux terminés. Les vents dominants dans la région sont généralement des vents Nord-Ouest, ce qui signifie que les populations les plus touchées par la pollution, en particulier les poussières et particules, sont celles qui habitent du côté Sud-Est de la ligne, notamment près des **PK41-PK42 et PK48-PK49**

❖ Phase de l'exploitation

Pendant la phase d'exploitation les émissions des polluants dans l'air par les trains circulant le long de la nouvelle ligne ferroviaire seront quasiment nulles vu que la ligne est électrifiée.

XII.5.2Eau

Pendant la phase de construction, les rejets liquides du projet incluent les eaux usées domestiques des installations sanitaires et des douches, les eaux de lavage des équipements de travaux publics, les déversements accidentels d'adjuvants utilisés pendant les travaux, ainsi que les eaux d'arrosage pour réduire les émissions de poussières. Les eaux usées domestiques sont acheminées vers un réseau d'assainissement public ou collectées dans des fosses septiques.

Pendant la phase d'exploitation, les seuls rejets d'eaux usées proviennent des sanitaires des nouvelles gares et sont également dirigés vers le réseau d'assainissement public, avec un impact négligeable.

XII.5.3Déchets

Pendant la phase de construction, les principaux déchets générés seront principalement des déchets inertes tels que les débris de démolition, les remblais et la terre, avec quelques autres types de déchets produits en quantités moindres. Les déchets seront classés selon la nomenclature du décret exécutif n° 06-104 au 28 février 2006.

- Ménagers et assimilés (MA)
- Inerte (I)
- Spéciaux (S)
- Spéciaux dangereux (SD)

Par exemple, les déchets métalliques provenant des travaux de construction de la ligne ferroviaire seront classés sous le code 12.1.1 et la classe S. Les déchets de soudure seront classés sous le code 12.1.11 et la classe S. Les déchets de béton, de briques et de matériaux de construction à base de gypse seront classés sous la classe I. Les déchets de bois, de verre, de papier, de carton et d'autres déchets ménagers seront classés sous la classe MA. En résumé, la phase de construction générera principalement des déchets inertes, avec quelques autres types de déchets classés selon la nature de leur source et leur composition.

XII.5.4 Emissions sonores

Pendant la phase de construction, les niveaux de bruit augmenteront en raison des divers travaux tels que le débroussaillage, l'excavation, le remblayage et le mouvement des machines dans les zones proches des travaux. On distingue deux principales sources de bruit : les sources mobiles, comme les engins roulants, et les sources fixes, telles que les pelles et les groupes électrogènes. Le niveau sonore des engins fixes dépend de plusieurs facteurs, notamment le type d'engin utilisé, la topographie du chantier et les différences entre la puissance acoustique théorique et la valeur réelle. Pendant les chantiers, les niveaux de bruit peuvent atteindre entre 85 et 110 dB(A) (marteau piqueur, trafic des engins, ...). Les populations susceptibles d'être affectées par les émissions sonores sont celles situées à moins de 100 m des travaux, notamment les habitations à proximité des **PK 41-PK42 PK48-PK49**.

XII.6 L'évaluations des impacts prévisibles et effets cumulatifs

XII.6.1 Impact sur la qualité de vie

Pendant les travaux, les populations environnantes et les usagers des routes et chemins traversés par le chemin de fer seront affectés par des obstacles à la circulation, nécessitant parfois des déviations. L'aire de travaux constituera un "effet barrière", perturbant la circulation locale et altérant le mode de vie des habitants par des nuisances sonores, des émissions et la présence de travailleurs et de machines. Ces impacts sont temporaires et limités à la durée des travaux. Après la mise en service, les principales répercussions seront positives, avec une amélioration notable des communications grâce à une infrastructure renforcée et des passages permettant la continuité des chemins interceptés, réduisant ainsi l'effet barrière.

XII.6.2 Impact sur l'occupation du sol

L'occupation de sol va être modifiée par le passage de la ligne ferroviaire le long de tracé, certains bâtis seront démolis et des parties de terrains agricoles et des forêts seront consacrés pour la construction de la ligne (base de vie, zone de dépôts.). Les plus importantes modifications seront senties dans les zones urbaines où il y aura la démolition des bâtis traversés par le projet mais le nombre des bâtis à démolir reste minime vu que le tracé traverse essentiellement des terrains vides et des terrains agricoles. (**PK43+500**).

Une légère modification de l'occupation de sol sera enregistrée par l'augmentation de la zone urbanisée par rapport à la zone agricole mais ça reste relativement négligeable par rapport à la grande distance qui parcourt la ligne.

XII.6.3 Déplacement forcé de la population

Le déplacement forcé de la population ne sera pas important vu le nombre des bâtis à démolir.

XII.6.4 Impact sur la flore

La nouvelle ligne ferroviaire traverse essentiellement des terrains agricoles. Néanmoins en récence le passage de la ligne par la forêt de la Macta en deux points : PK34+500 et PK 35+800. Des arbres et plantes seront enlevés pendant la phase de construction. La superficie est minime par rapport à la superficie totale de la forêt.

XII.6.5 Impact sur les eaux de surfaces

Les rejets liquides pendant la phase de construction seront acheminés soit vers un réseau d'assainissement ou vers des fosses septiques normalisées. Aucun rejet vers les cours d'eaux ou les lacs présents dans la zone d'études n'est prévu. L'impact sur les eaux de surfaces est négligeable.

XII.7 Conclusion

Le développement durable et la protection de l'environnement sont les deux faces d'une même médaille. Le progrès économique c'est rien s'il se fait au détriment de l'environnement. C'est pourquoi les ingénieurs et les autorités concernées mettent en place toutes les mesures nécessaires pour que ce projet profite aux habitants de la ville de Stidia tout en préservant cette forêt conformément aux lois de protection de l'environnement.

CHAPITRE XIII :
DEVIS QUANTITATIF ET
ESTIMATIF

Fourniture d'un ADVUIC ADV - 54- E1-500 1:12	U	2	18000000,00	36000000
Fourniture d'un ADVUIC ADV- 54- E1-300 1:9	U	2	15000000,00	30000000
Pose d'un ADV simple UIC -54 - E1-500 1:12	T	2	600000,00	1200000
Pose d'un ADV simple UIC-54- E1-300 1:9	T	2	500000,00	1000000
COUT TOTAL DE LA POSE DE VOIE				962267250
ouvrage d'art				
Ouvrage d'art	M2	24000	120 000,00	2880000000
COUT TOTAL DES OUVRAGES D'ARTS				2880000000
SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION				
Electrification 25 kV/50 Hz	KM	15	50 605 840,00	759087600
			Signalisation	43 000 000,00
COUT TOTAL DE LA SIGNALISATION ET L'ELECTRIFICATION				802087600
GARE				
Bâtiment de voyageur + aménagement extérieur	M2	85	80 000,00	80 085,00
Quais	M2	36	5 000,00	180000
COUT TOTAL DE LA GARE				260 085,00

MONTANT TOTAL DU PROJET (en HT)	12041864895
MONTANT TOTAL FINAL (en TTC)	14329819225,05

MONTANT TOTAL EN TTC (EN LETTRES) :

Quatorze milliards trois cent vingt-neuf millions huit cent dix-neuf mille deux cent vingt-cinq Dinar Algérien et cinq centimes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE :

le chemin de fer qui reliera la ville de Stidia à Hassi Mameche apportera un grand bénéfice aux habitants des deux villes. Elle résoudra les problèmes de transport et brisera l'isolement des habitants qui ont souffert de marginalisation au cours de la dernière décennie. De plus, elle stimulera le commerce et le transport des marchandises.

Cependant, son étude a révélé une complexité géologique nécessitant un travail intensif pour tracer un itinéraire conformément aux les normes de SNTF et UIC. Ce projet nous a offert une vision approfondie du travail d'un ingénieur ferroviaire, il démontre que l'étude des chemins de fer n'est pas une tâche facile . Surtout la conception de la gare, elle montre qu'elle n'est pas ce concept simple hérité du public, mais une discipline méritant une recherche approfondie.

L'étude APD de cette nouvelle desserte ferroviaire nous a permis d'explorer des aspects essentiels tels que la conception des infrastructures et des installations, tout en intégrant les considérations environnementales et de développement durable pour garantir une conception équilibrée et respectueuse de l'environnement.

Ce projet de fin d'études nous a offert une compréhension approfondie du domaine du transport ferroviaire dans toutes ses dimensions. Le travail réalisé a été une occasion précieuse d'appliquer les connaissances théoriques acquises durant nos années de formation à l'ENSTP et de nous familiariser avec les défis pratiques auxquels les ingénieurs sont confrontés.

En conclusion, ce projet de fin d'études a été une expérience précieuse et enrichissante dans le domaine du transport ferroviaire. Nous sommes convaincus que les compétences et les connaissances acquises seront extrêmement utiles dans notre future carrière. Nous sommes enthousiastes à l'idée de contribuer au développement et à l'amélioration des systèmes de transport ferroviaire. Cependant, nous reconnaissons que ces acquis doivent être complétés par des compétences solides en gestion de projet, car le rôle de chef de projet nécessite non seulement des compétences techniques, mais aussi une expertise en gestion et en coordination d'équipe.

Bibliographie

- [1] : Ulysse Lamalle Tome Fascicule III LA VOIE I : Cours d'Exploitation des Chemins de Fer.
- [2] : Sétra Mai 2010 : Modernisation des Infrastructures Ferroviaires « chapitre II ».
- [3] : SETIRAIL, Rapport de l'étude générale . « chapitre III »
- [4] : SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 6 : Géométrie de la voie, 2005.
- [5] : SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 7.2.2 : Ouvrages en terre pour plateformes ferroviaires.
- [6] : UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2ème Edition.
- [7] : UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 3ème Edition.
- [8] : les normes UIC (741). Quais des gares à voyageurs-Règles pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie.
- [9] : SETIRAIL, Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique . « chapitre V »
- [10] : SETIRAIL, Rapport de l'étude géologique . « chapitre VI »
- [11] : SETIRAIL, Rapport de l'étude environnement . « XII »
- [12] : Sétra, Guide technique : Assainissement routier, Octobre 2006.
- [12] : SLIMANI Belkaiss , AMERI Asmaa , Mr. BOUHAMED Sidali 2023 , Mémoires de voie ferrée école nationale des travaux publics.
- [13] : SNTF, chapitre X, signalisation et télécommunication, version 2.
- [16] : A. NEHAOUA Cours de chemin de fer 2013 , « chapitre VII »

ANNEXE A- Axe En Plan

Nom	Elts Caractéristiques		Points de Contacts		
	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 71.16gr	1939.370	35000.000	767430.441	3966640.203
Clothoïde 1	Paramètre 464.758	90.000	36939.370	769174.150	3967489.105
Arc 1	Rayon 2400.000 m Centre X 768164.019 m Centre Y 3969666.795 m	208.920	37029.370	769254.821	3967529.004
Clothoïde 2	Paramètre -464.758	90.000	37238.289	769436.550	3967631.933
Droite 2	Gisement 63.23gr	83.204	37328.289	769512.254	3967680.602
Clothoïde 3	Paramètre -424.264	100.000	37411.493	769581.959	3967726.034
Arc 2	Rayon -1800.000 m Centre X 770606.817 m Centre Y 3966245.156 m	943.967	37511.493	769666.235	3967779.856
Clothoïde 4	Paramètre 424.264	100.000	38455.461	770561.089	3968044.575
Droite 3	Gisement 100.15gr	2109.476	38555.461	770661.083	3968045.264
Clothoïde 5	Paramètre 411.096	130.000	40664.937	772770.553	3968040.263
Arc 3	Rayon 1300.000 m Centre X 772838.631 m Centre Y 3969340.647 m	853.863	40794.937	772900.526	3968042.121
Clothoïde 6	Paramètre -411.096	130.000	41648.801	773680.528	3968350.087
Droite 4	Gisement 51.97gr	870.688	41778.801	773776.712	3968437.522
Clothoïde 7	Paramètre -510.882	90.000	42649.489	774411.139	3969033.844
Arc 4	Rayon -2900.000 m Centre X 776430.178 m Centre Y 3966951.494 m	225.087	42739.489	774477.035	3969095.143
Clothoïde 8	Paramètre 510.882	90.000	42964.575	774649.129	3969240.132
Droite 5	Gisement 58.89gr	677.880	43054.575	774720.723	3969294.668
Clothoïde 9	Paramètre -409.878	140.000	43732.455	775262.092	3969702.640
Arc 5	Rayon -1200.000 m Centre X 776040.601 m Centre Y 3968785.876 m	165.734	43872.455	775375.498	3969784.695
Clothoïde 10	Paramètre 409.878	140.000	44038.189	775519.342	3969866.750
Droite 6	Gisement 75.11gr	81.535	44178.189	775647.694	3969922.606
Clothoïde 11	Paramètre 424.264	90.000	44259.724	775723.075	3969953.682
Arc 6	Rayon 2000.000 m Centre X 775002.352 m Centre Y 3971820.031 m	290.282	44349.724	775806.020	3969988.606
Clothoïde 12	Paramètre -424.264	90.000	44640.005	776062.452	3970124.098
Droite 7	Gisement 63.00gr	1957.823	44730.005	776138.043	3970172.941
Clothoïde 13	Paramètre 411.096	130.000	46687.829	777774.444	3971247.773
Arc 7	Rayon 1300.000 m Centre X 777114.779 m Centre Y 3972370.482 m	1724.673	46817.829	777881.885	3971320.935
Clothoïde 14	Paramètre -411.096	130.000	48542.501	778318.622	3972861.159
Droite 8	Gisement 372.18gr	107.976	48672.501	778265.575	3972979.828
Clothoïde 15	Paramètre -406.202	110.000	48780.477	778219.874	3973077.655
Arc 8	Rayon -1500.000 m Centre X 779555.916 m Centre Y 3973762.508 m	761.475	48890.477	778174.540	3973177.872
Clothoïde 16	Paramètre 406.202	110.000	49651.953	778064.540	3973923.123
Droite 9	Gisement 9.16gr	334.521	49761.953	778078.988	3974032.163
			50096.473	778126.975	3974363.224
Longueur totale de l'axe 15096.473 mètre(s)					

ANNEXE B- Profil en long

Els Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.85 %	849.757	35000.000	65.412
Cercle 1	Rayon 12000.000 m	89.979	35849.757	72.635
	Sommet Absc. 35747.760 m			
	Sommet Alt. 72.202 m			
Pente 2	Pente 1.60 %	2977.432	35939.736	73.737
Cercle 2	Rayon -10000.000 m	159.980	38917.167	121.376
	Sommet Absc. 39077.147 m			
	Sommet Alt. 122.656 m			
Pente 3	Pente 0.00 %	1828.827	39077.147	122.656
Cercle 3	Rayon 16000.000 m	91.199	40905.974	122.656
	Sommet Absc. 40905.974 m			
	Sommet Alt. 122.656 m			
Pente 4	Pente 0.57 %	3395.772	40997.172	122.916
Cercle 4	Rayon 10000.000 m	108.504	44392.944	142.272
	Sommet Absc. 44335.945 m			
	Sommet Alt. 142.110 m			
Pente 5	Pente 1.66 %	917.542	44501.448	143.479
Cercle 5	Rayon -10000.000 m	286.981	45418.991	158.667
	Sommet Absc. 45584.494 m			
	Sommet Alt. 160.037 m			
Pente 6	Pente -1.21 %	199.926	45705.972	159.299
Cercle 6	Rayon 10000.000 m	258.348	45905.897	156.870
	Sommet Absc. 46027.376 m			
	Sommet Alt. 156.132 m			
Pente 7	Pente 1.37 %	889.106	46164.246	157.069
Cercle 7	Rayon -10000.000 m	153.005	47053.352	169.239
	Sommet Absc. 47190.222 m			
	Sommet Alt. 170.176 m			
Pente 8	Pente -0.16 %	645.303	47206.357	170.163
Cercle 8	Rayon -10000.000 m	140.040	47851.659	169.121
	Sommet Absc. 47835.525 m			
	Sommet Alt. 169.134 m			
Pente 9	Pente -1.56 %	1428.275	47991.700	167.915
Cercle 9	Rayon 10000.000 m	146.295	49419.974	145.606
	Sommet Absc. 49576.150 m			
	Sommet Alt. 144.386 m			
Pente 10	Pente -0.10 %	530.204	49566.269	144.391
			50096.473	143.867
Longueur totale de l'axe 15096.473 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 15097.396 mètre(s)				

ANNEXE C -Abaque assainissement

Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh
0,0021	0,189	0,033	0,0600	0,548	0,166	0,1179	0,670	0,232	0,1758	0,790	0,283	0,2337	0,814	0,329	0,2916	0,866	0,370
0,0031	0,219	0,040	0,0611	0,551	0,167	0,1190	0,672	0,233	0,1769	0,792	0,284	0,2348	0,815	0,329	0,2927	0,867	0,371
0,0042	0,249	0,046	0,0621	0,554	0,169	0,1200	0,674	0,234	0,1779	0,793	0,285	0,2359	0,816	0,330	0,2938	0,867	0,371
0,0053	0,266	0,053	0,0632	0,557	0,170	0,1211	0,676	0,235	0,1790	0,795	0,286	0,2369	0,817	0,331	0,2948	0,868	0,372
0,0064	0,278	0,057	0,0643	0,560	0,172	0,1222	0,677	0,236	0,1801	0,796	0,287	0,2380	0,818	0,332	0,2959	0,869	0,373
0,0074	0,290	0,061	0,0653	0,563	0,173	0,1233	0,679	0,237	0,1812	0,797	0,288	0,2391	0,819	0,333	0,2970	0,870	0,373
0,0085	0,302	0,065	0,0664	0,566	0,175	0,1243	0,681	0,238	0,1822	0,799	0,289	0,2401	0,820	0,333	0,2981	0,871	0,374
0,0096	0,315	0,069	0,0675	0,569	0,176	0,1254	0,682	0,239	0,1833	0,760	0,290	0,2412	0,821	0,334	0,2991	0,872	0,375
0,0107	0,327	0,073	0,0686	0,571	0,177	0,1265	0,684	0,240	0,1844	0,762	0,290	0,2423	0,822	0,335	0,3002	0,873	0,376
0,0117	0,337	0,076	0,0696	0,574	0,179	0,1275	0,686	0,241	0,1855	0,763	0,291	0,2434	0,823	0,336	0,3013	0,874	0,376
0,0128	0,344	0,079	0,0707	0,576	0,180	0,1286	0,687	0,242	0,1865	0,764	0,292	0,2444	0,824	0,337	0,3023	0,874	0,377
0,0139	0,352	0,082	0,0718	0,579	0,181	0,1297	0,689	0,243	0,1876	0,766	0,293	0,2455	0,825	0,337	0,3034	0,875	0,378
0,0149	0,360	0,085	0,0729	0,582	0,183	0,1308	0,691	0,244	0,1887	0,767	0,294	0,2466	0,826	0,338	0,3045	0,876	0,378
0,0160	0,367	0,088	0,0739	0,584	0,184	0,1318	0,692	0,245	0,1897	0,768	0,295	0,2477	0,828	0,339	0,3056	0,877	0,379
0,0171	0,375	0,090	0,0750	0,587	0,185	0,1329	0,694	0,246	0,1908	0,770	0,296	0,2487	0,829	0,340	0,3066	0,878	0,380
0,0182	0,382	0,093	0,0761	0,589	0,187	0,1340	0,696	0,247	0,1919	0,771	0,297	0,2498	0,830	0,341	0,3077	0,879	0,381
0,0192	0,390	0,096	0,0771	0,592	0,188	0,1351	0,698	0,248	0,1930	0,773	0,298	0,2509	0,831	0,341	0,3088	0,880	0,381
0,0203	0,397	0,099	0,0782	0,594	0,189	0,1361	0,699	0,250	0,1940	0,774	0,299	0,2519	0,832	0,342	0,3099	0,881	0,382
0,0214	0,404	0,101	0,0793	0,597	0,190	0,1372	0,701	0,251	0,1951	0,775	0,300	0,2530	0,833	0,343	0,3109	0,881	0,383
0,0224	0,409	0,103	0,0804	0,599	0,192	0,1383	0,702	0,251	0,1962	0,777	0,300	0,2541	0,834	0,344	0,3120	0,882	0,384
0,0235	0,415	0,105	0,0814	0,602	0,193	0,1393	0,704	0,252	0,1972	0,778	0,301	0,2552	0,835	0,345	0,3131	0,883	0,384
0,0246	0,420	0,108	0,0825	0,604	0,194	0,1404	0,705	0,253	0,1983	0,779	0,302	0,2562	0,836	0,345	0,3141	0,884	0,385
0,0257	0,425	0,110	0,0836	0,607	0,196	0,1415	0,706	0,254	0,1994	0,780	0,303	0,2573	0,837	0,346	0,3152	0,885	0,386
0,0267	0,431	0,112	0,0846	0,609	0,197	0,1426	0,708	0,255	0,2005	0,781	0,304	0,2584	0,838	0,347	0,3163	0,886	0,386
0,0278	0,436	0,114	0,0857	0,612	0,198	0,1436	0,709	0,256	0,2015	0,782	0,304	0,2594	0,839	0,348	0,3174	0,887	0,387
0,0289	0,441	0,116	0,0868	0,615	0,200	0,1447	0,710	0,257	0,2026	0,783	0,305	0,2605	0,840	0,349	0,3184	0,887	0,388
0,0300	0,447	0,118	0,0879	0,617	0,201	0,1458	0,712	0,258	0,2037	0,784	0,306	0,2616	0,841	0,349	0,3195	0,888	0,389
0,0310	0,452	0,120	0,0889	0,619	0,202	0,1468	0,713	0,259	0,2048	0,785	0,307	0,2627	0,842	0,350	0,3206	0,889	0,389
0,0321	0,457	0,122	0,0900	0,621	0,203	0,1479	0,715	0,260	0,2058	0,786	0,308	0,2637	0,843	0,351	0,3216	0,890	0,390
0,0332	0,463	0,125	0,0911	0,623	0,204	0,1490	0,716	0,261	0,2069	0,787	0,308	0,2648	0,844	0,352	0,3227	0,891	0,391
0,0342	0,467	0,126	0,0922	0,625	0,205	0,1501	0,717	0,261	0,2080	0,788	0,309	0,2659	0,845	0,352	0,3238	0,892	0,391
0,0353	0,471	0,128	0,0932	0,627	0,206	0,1511	0,719	0,262	0,2090	0,789	0,310	0,2670	0,846	0,353	0,3249	0,893	0,392
0,0364	0,474	0,130	0,0943	0,629	0,208	0,1522	0,720	0,263	0,2101	0,790	0,311	0,2680	0,847	0,354	0,3259	0,894	0,393
0,0375	0,478	0,132	0,0954	0,631	0,209	0,1533	0,721	0,264	0,2112	0,791	0,312	0,2691	0,848	0,355	0,3270	0,894	0,394
0,0385	0,481	0,133	0,0964	0,632	0,210	0,1544	0,723	0,265	0,2123	0,792	0,312	0,2702	0,848	0,355	0,3281	0,895	0,394
0,0396	0,485	0,135	0,0975	0,634	0,211	0,1554	0,724	0,266	0,2133	0,794	0,313	0,2712	0,849	0,356	0,3292	0,896	0,395
0,0407	0,489	0,137	0,0986	0,636	0,212	0,1565	0,726	0,267	0,2144	0,795	0,314	0,2723	0,850	0,357	0,3302	0,897	0,396
0,0418	0,492	0,139	0,0997	0,638	0,213	0,1576	0,727	0,268	0,2155	0,796	0,315	0,2734	0,851	0,357	0,3313	0,898	0,397
0,0428	0,496	0,140	0,1007	0,640	0,214	0,1586	0,728	0,269	0,2166	0,797	0,316	0,2745	0,852	0,358	0,3324	0,899	0,397
0,0439	0,500	0,142	0,1018	0,642	0,215	0,1597	0,730	0,270	0,2176	0,798	0,317	0,2755	0,853	0,359	0,3334	0,900	0,398
0,0450	0,503	0,144	0,1029	0,644	0,216	0,1608	0,731	0,270	0,2187	0,799	0,317	0,2766	0,854	0,360	0,3345	0,900	0,399
0,0460	0,507	0,146	0,1040	0,646	0,217	0,1619	0,733	0,271	0,2198	0,800	0,318	0,2777	0,854	0,360	0,3356	0,901	0,399
0,0471	0,511	0,147	0,1050	0,648	0,219	0,1629	0,734	0,272	0,2208	0,801	0,319	0,2788	0,855	0,361	0,3367	0,902	0,400
0,0482	0,514	0,149	0,1061	0,650	0,220	0,1640	0,735	0,273	0,2219	0,802	0,320	0,2798	0,856	0,362	0,3377	0,903	0,401
0,0493	0,518	0,151	0,1072	0,652	0,221	0,1651	0,737	0,274	0,2230	0,803	0,321	0,2809	0,857	0,363	0,3388	0,904	0,401
0,0503	0,521	0,152	0,1082	0,654	0,222	0,1661	0,738	0,275	0,2241	0,804	0,321	0,2820	0,858	0,363	0,3399	0,904	0,402
0,0514	0,524	0,154	0,1093	0,656	0,223	0,1672	0,739	0,276	0,2251	0,805	0,322	0,2830	0,859	0,364	0,3410	0,905	0,403
0,0525	0,527	0,155	0,1104	0,658	0,224	0,1683	0,741	0,277	0,2262	0,806	0,323	0,2841	0,860	0,365	0,3420	0,906	0,403
0,0535	0,530	0,157	0,1115	0,660	0,225	0,1694	0,742	0,278	0,2273	0,807	0,324	0,2852	0,861	0,365	0,3431	0,906	0,404
0,0546	0,533	0,158	0,1125	0,662	0,226	0,1704	0,744	0,279	0,2283	0,808	0,325	0,2863	0,861	0,366	0,3442	0,907	0,405
0,0557	0,536	0,160	0,1136	0,664	0,227	0,1715	0,745	0,280	0,2294	0,809	0,325	0,2873	0,862	0,367	0,3452	0,908	0,405
0,0568	0,539	0,161	0,1147	0,665	0,228	0,1726	0,746	0,280	0,2305	0,811	0,326	0,2884	0,863	0,368	0,3463	0,909	0,406
0,0578	0,542	0,163	0,1157	0,667	0,229	0,1737	0,748	0,281	0,2316	0,812	0,327	0,2895	0,864	0,368	0,3474	0,909	0,407
0,0589	0,545	0,164	0,1168	0,669	0,230	0,1747	0,749	0,282	0,2326	0,813	0,328	0,2905	0,865	0,369	0,3485	0,910	0,407

Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh
0,3495	0,911	0,408	0,4074	0,949	0,444	0,4653	0,981	0,479	0,5233	1,010	0,514	0,5812	1,036	0,548	0,6391	1,059	0,581
0,3506	0,911	0,409	0,4085	0,949	0,445	0,4664	0,982	0,480	0,5243	1,011	0,514	0,5822	1,037	0,548	0,6402	1,059	0,582
0,3517	0,912	0,409	0,4096	0,950	0,445	0,4675	0,982	0,481	0,5254	1,011	0,515	0,5833	1,037	0,549	0,6412	1,059	0,583
0,3527	0,913	0,410	0,4107	0,951	0,446	0,4686	0,983	0,481	0,5265	1,012	0,516	0,5844	1,038	0,549	0,6423	1,060	0,583
0,3538	0,913	0,411	0,4117	0,952	0,447	0,4696	0,984	0,482	0,5275	1,012	0,516	0,5855	1,038	0,550	0,6434	1,060	0,584
0,3549	0,914	0,411	0,4128	0,952	0,447	0,4707	0,984	0,482	0,5286	1,013	0,517	0,5865	1,038	0,551	0,6444	1,061	0,584
0,3560	0,915	0,412	0,4139	0,953	0,448	0,4718	0,985	0,483	0,5297	1,013	0,518	0,5876	1,039	0,551	0,6455	1,061	0,585
0,3570	0,916	0,413	0,4149	0,954	0,449	0,4729	0,985	0,484	0,5308	1,014	0,518	0,5887	1,039	0,552	0,6466	1,062	0,586
0,3581	0,916	0,413	0,4160	0,954	0,449	0,4739	0,986	0,484	0,5318	1,014	0,519	0,5897	1,040	0,553	0,6477	1,062	0,586
0,3592	0,917	0,414	0,4171	0,955	0,450	0,4750	0,987	0,485	0,5329	1,015	0,519	0,5908	1,040	0,553	0,6487	1,062	0,587
0,3603	0,918	0,415	0,4182	0,956	0,451	0,4761	0,987	0,486	0,5340	1,015	0,520	0,5919	1,041	0,554	0,6498	1,063	0,588
0,3613	0,918	0,415	0,4192	0,956	0,451	0,4771	0,988	0,486	0,5351	1,016	0,521	0,5930	1,041	0,554	0,6509	1,063	0,588
0,3624	0,919	0,416	0,4203	0,957	0,452	0,4782	0,988	0,487	0,5361	1,016	0,521	0,5940	1,041	0,555	0,6519	1,064	0,589
0,3635	0,920	0,417	0,4214	0,957	0,453	0,4793	0,989	0,488	0,5372	1,017	0,522	0,5951	1,042	0,556	0,6530	1,064	0,589
0,3645	0,921	0,417	0,4225	0,958	0,453	0,4804	0,989	0,488	0,5383	1,017	0,523	0,5962	1,042	0,556	0,6541	1,064	0,590
0,3656	0,921	0,418	0,4235	0,959	0,454	0,4814	0,990	0,489	0,5393	1,018	0,523	0,5973	1,043	0,557	0,6552	1,065	0,591
0,3667	0,922	0,419	0,4246	0,959	0,455	0,4825	0,991	0,490	0,5404	1,018	0,524	0,5983	1,043	0,558	0,6562	1,065	0,591
0,3678	0,923	0,419	0,4257	0,960	0,455	0,4836	0,991	0,490	0,5415	1,019	0,524	0,5994	1,043	0,558	0,6573	1,066	0,592
0,3688	0,923	0,420	0,4267	0,960	0,456	0,4847	0,992	0,491	0,5426	1,019	0,525	0,6005	1,044	0,559	0,6584	1,066	0,592
0,3699	0,924	0,421	0,4278	0,961	0,457	0,4857	0,992	0,492	0,5436	1,020	0,526	0,6015	1,044	0,559	0,6595	1,066	0,593
0,3710	0,925	0,421	0,4289	0,962	0,457	0,4868	0,993	0,492	0,5447	1,020	0,526	0,6026	1,045	0,560	0,6605	1,067	0,594
0,3721	0,925	0,422	0,4300	0,962	0,458	0,4879	0,994	0,493	0,5458	1,020	0,527	0,6037	1,045	0,561	0,6616	1,067	0,594
0,3731	0,926	0,423	0,4310	0,963	0,459	0,4889	0,994	0,494	0,5469	1,021	0,528	0,6048	1,045	0,561	0,6627	1,068	0,595
0,3742	0,927	0,423	0,4321	0,963	0,459	0,4900	0,995	0,494	0,5479	1,021	0,528	0,6058	1,046	0,562	0,6637	1,068	0,596
0,3753	0,928	0,424	0,4332	0,964	0,460	0,4911	0,995	0,495	0,5490	1,022	0,529	0,6069	1,046	0,563	0,6648	1,069	0,596
0,3763	0,928	0,425	0,4342	0,964	0,460	0,4922	0,996	0,495	0,5501	1,022	0,529	0,6080	1,047	0,563	0,6659	1,069	0,597
0,3774	0,929	0,425	0,4353	0,965	0,461	0,4933	0,996	0,496	0,5511	1,023	0,530	0,6091	1,047	0,564	0,6670	1,069	0,597
0,3785	0,930	0,426	0,4364	0,966	0,462	0,4943	0,997	0,497	0,5522	1,023	0,531	0,6101	1,048	0,564	0,6680	1,070	0,598
0,3796	0,930	0,427	0,4375	0,966	0,462	0,4954	0,998	0,497	0,5533	1,024	0,531	0,6112	1,048	0,565	0,6691	1,070	0,599
0,3806	0,931	0,427	0,4385	0,967	0,463	0,4964	0,998	0,498	0,5544	1,024	0,532	0,6123	1,048	0,566	0,6702	1,071	0,599
0,3817	0,932	0,428	0,4396	0,967	0,464	0,4975	0,999	0,499	0,5554	1,025	0,533	0,6133	1,049	0,566	0,6713	1,071	0,600
0,3828	0,933	0,429	0,4407	0,968	0,464	0,4986	0,999	0,499	0,5565	1,025	0,533	0,6144	1,049	0,567	0,6723	1,071	0,601
0,3838	0,933	0,429	0,4418	0,969	0,465	0,4997	1,000	0,500	0,5576	1,026	0,534	0,6155	1,050	0,568	0,6734	1,072	0,601
0,3849	0,934	0,430	0,4428	0,969	0,466	0,5007	1,000	0,501	0,5586	1,026	0,534	0,6166	1,050	0,568	0,6745	1,072	0,602
0,3860	0,935	0,431	0,4439	0,970	0,466	0,5018	1,001	0,501	0,5597	1,027	0,535	0,6176	1,050	0,569	0,6755	1,072	0,603
0,3871	0,935	0,431	0,4450	0,970	0,467	0,5029	1,001	0,502	0,5608	1,027	0,536	0,6187	1,051	0,569	0,6766	1,073	0,603
0,3881	0,936	0,432	0,4460	0,971	0,468	0,5040	1,002	0,502	0,5619	1,028	0,536	0,6198	1,051	0,570	0,6777	1,073	0,604
0,3892	0,937	0,433	0,4471	0,971	0,468	0,5050	1,002	0,503	0,5629	1,028	0,537	0,6208	1,052	0,571	0,6788	1,073	0,604
0,3903	0,937	0,433	0,4482	0,972	0,469	0,5061	1,003	0,504	0,5640	1,029	0,538	0,6219	1,052	0,571	0,6798	1,074	0,605
0,3914	0,938	0,434	0,4493	0,973	0,470	0,5072	1,003	0,504	0,5651	1,029	0,538	0,6230	1,052	0,572	0,6809	1,074	0,606
0,3924	0,939	0,435	0,4503	0,973	0,470	0,5082	1,004	0,505	0,5662	1,030	0,539	0,6241	1,053	0,573	0,6820	1,075	0,606
0,3935	0,940	0,435	0,4514	0,974	0,471	0,5093	1,004	0,506	0,5672	1,030	0,539	0,6251	1,053	0,573	0,6830	1,075	0,607
0,3946	0,940	0,436	0,4525	0,974	0,471	0,5104	1,005	0,506	0,5683	1,030	0,540	0,6262	1,054	0,574	0,6841	1,075	0,608
0,3956	0,941	0,437	0,4536	0,975	0,472	0,5115	1,005	0,507	0,5694	1,031	0,541	0,6273	1,054	0,574	0,6852	1,076	0,608
0,3967	0,942	0,437	0,4546	0,976	0,473	0,5125	1,006	0,507	0,5704	1,031	0,541	0,6284	1,055	0,575	0,6863	1,076	0,609
0,3978	0,942	0,438	0,4557	0,976	0,473	0,5136	1,006	0,508	0,5715	1,032	0,542	0,6294	1,055	0,576	0,6873	1,076	0,610
0,3989	0,943	0,439	0,4568	0,977	0,474	0,5147	1,007	0,509	0,5726	1,032	0,543	0,6305	1,055	0,576	0,6884	1,077	0,610
0,3999	0,944	0,439	0,4578	0,977	0,475	0,5158	1,007	0,509	0,5737	1,033	0,543	0,6316	1,056	0,577	0,6895	1,077	0,611
0,4010	0,945	0,440	0,4589	0,978	0,475	0,5168	1,008	0,510	0,5747	1,033	0,544	0,6326	1,056	0,578	0,6906	1,077	0,612
0,4021	0,945	0,441	0,4600	0,978	0,476	0,5179	1,008	0,511	0,5758	1,034	0,544	0,6337	1,057	0,578	0,6916	1,078	0,612
0,4032	0,946	0,441	0,4611	0,979	0,477	0,5190	1,009	0,511	0,5769	1,034	0,545	0,6348	1,057	0,579	0,6927	1,078	0,613
0,4042	0,947	0,442	0,4621	0,980	0,477	0,5200	1,009	0,512	0,5780	1,035	0,546	0,6359	1,057	0,579	0,6938	1,079	0,613
0,4053	0,947	0,443	0,4632	0,980	0,478	0,5211	1,010	0,513	0,5790	1,035	0,546	0,6369	1,058	0,580	0,6948	1,079	0,614
0,4064	0,948	0,443	0,4643	0,981	0,479	0,5222	1,010	0,513	0,5801	1,036	0,547	0,6380	1,058	0,581	0,6959	1,079	0,615

Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh
0,697	1,080	0,615	0,755	1,099	0,650	0,813	1,114	0,685	0,871	1,126	0,723	0,929	1,135	0,763	0,987	1,139	0,810	1,044	1,133	0,869
0,698	1,080	0,616	0,756	1,099	0,651	0,814	1,115	0,685	0,872	1,126	0,723	0,930	1,135	0,764	0,988	1,139	0,811	1,046	1,133	0,870
0,699	1,080	0,617	0,757	1,100	0,651	0,815	1,115	0,686	0,873	1,126	0,724	0,931	1,136	0,764	0,989	1,139	0,812	1,047	1,132	0,872
0,700	1,081	0,617	0,758	1,100	0,652	0,816	1,115	0,687	0,874	1,126	0,725	0,932	1,136	0,765	0,990	1,139	0,813	1,048	1,132	0,873
0,701	1,081	0,618	0,759	1,100	0,653	0,817	1,115	0,687	0,875	1,126	0,726	0,933	1,136	0,766	0,991	1,139	0,813	1,049	1,131	0,875
0,702	1,081	0,619	0,760	1,100	0,653	0,818	1,116	0,688	0,876	1,126	0,726	0,934	1,136	0,767	0,992	1,139	0,814	1,050	1,131	0,876
0,703	1,082	0,619	0,761	1,101	0,654	0,819	1,116	0,689	0,877	1,126	0,727	0,935	1,137	0,767	0,993	1,139	0,815	1,051	1,130	0,878
0,705	1,082	0,620	0,762	1,101	0,654	0,820	1,116	0,689	0,878	1,127	0,728	0,936	1,137	0,768	0,994	1,139	0,816	1,052	1,130	0,879
0,706	1,082	0,620	0,764	1,101	0,655	0,821	1,117	0,690	0,879	1,127	0,729	0,937	1,137	0,769	0,995	1,139	0,817	1,053	1,129	0,881
0,707	1,083	0,621	0,765	1,102	0,656	0,823	1,117	0,691	0,880	1,127	0,729	0,938	1,137	0,770	0,996	1,139	0,818	1,054	1,129	0,883
0,708	1,083	0,622	0,766	1,102	0,656	0,824	1,117	0,691	0,881	1,127	0,730	0,939	1,138	0,770	0,997	1,139	0,819	1,055	1,128	0,884
0,709	1,084	0,622	0,767	1,102	0,657	0,825	1,117	0,692	0,883	1,127	0,731	0,940	1,138	0,771	0,998	1,139	0,820	1,056	1,128	0,886
0,710	1,084	0,623	0,768	1,102	0,658	0,826	1,118	0,693	0,884	1,127	0,732	0,942	1,138	0,772	0,999	1,139	0,821	1,057	1,127	0,888
0,711	1,084	0,624	0,769	1,103	0,658	0,827	1,118	0,693	0,885	1,127	0,732	0,943	1,138	0,773	1,001	1,139	0,822	1,058	1,127	0,889
0,712	1,085	0,624	0,770	1,103	0,659	0,828	1,118	0,694	0,886	1,128	0,733	0,944	1,138	0,773	1,002	1,139	0,823	1,060	1,127	0,891
0,713	1,085	0,625	0,771	1,103	0,660	0,829	1,119	0,695	0,887	1,128	0,734	0,945	1,139	0,774	1,003	1,139	0,824	1,061	1,126	0,893
0,714	1,085	0,626	0,772	1,104	0,660	0,830	1,119	0,695	0,888	1,128	0,735	0,946	1,139	0,775	1,004	1,139	0,825	1,062	1,126	0,894
0,715	1,086	0,626	0,773	1,104	0,661	0,831	1,119	0,696	0,889	1,128	0,735	0,947	1,139	0,776	1,005	1,139	0,826	1,063	1,125	0,896
0,716	1,086	0,627	0,774	1,104	0,662	0,832	1,119	0,696	0,890	1,128	0,736	0,948	1,139	0,777	1,006	1,139	0,827	1,064	1,125	0,897
0,717	1,086	0,628	0,775	1,104	0,662	0,833	1,120	0,697	0,891	1,128	0,737	0,949	1,139	0,777	1,007	1,139	0,828	1,065	1,124	0,899
0,718	1,087	0,628	0,776	1,105	0,663	0,834	1,120	0,698	0,892	1,129	0,738	0,950	1,139	0,778	1,008	1,139	0,829	1,066	1,123	0,902
0,720	1,087	0,629	0,777	1,105	0,664	0,835	1,120	0,698	0,893	1,129	0,738	0,951	1,139	0,779	1,009	1,139	0,830	1,067	1,121	0,905
0,721	1,087	0,629	0,779	1,105	0,664	0,836	1,121	0,699	0,894	1,129	0,739	0,952	1,139	0,780	1,010	1,139	0,831	1,068	1,119	0,909
0,722	1,088	0,630	0,780	1,106	0,665	0,838	1,121	0,700	0,895	1,129	0,740	0,953	1,139	0,781	1,011	1,139	0,832	1,069	1,117	0,913
0,723	1,088	0,631	0,781	1,106	0,665	0,839	1,121	0,700	0,897	1,129	0,741	0,954	1,139	0,782	1,012	1,139	0,833	1,070	1,116	0,916
0,724	1,089	0,631	0,782	1,106	0,666	0,840	1,121	0,701	0,898	1,129	0,741	0,955	1,139	0,783	1,013	1,139	0,834	1,071	1,114	0,920
0,725	1,089	0,632	0,783	1,106	0,667	0,841	1,121	0,702	0,899	1,129	0,742	0,957	1,139	0,784	1,014	1,139	0,835			
0,726	1,089	0,633	0,784	1,107	0,667	0,842	1,122	0,703	0,900	1,130	0,743	0,958	1,139	0,785	1,016	1,139	0,836			
0,727	1,090	0,633	0,785	1,107	0,668	0,843	1,122	0,703	0,901	1,130	0,744	0,959	1,139	0,786	1,017	1,139	0,837			
0,728	1,090	0,634	0,786	1,107	0,669	0,844	1,122	0,704	0,902	1,130	0,744	0,960	1,139	0,787	1,018	1,139	0,838			
0,729	1,090	0,635	0,787	1,108	0,669	0,845	1,122	0,705	0,903	1,130	0,745	0,961	1,139	0,788	1,019	1,139	0,839			
0,730	1,091	0,635	0,788	1,108	0,670	0,846	1,122	0,706	0,904	1,130	0,746	0,962	1,139	0,789	1,020	1,139	0,840			
0,731	1,091	0,636	0,789	1,108	0,671	0,847	1,122	0,706	0,905	1,130	0,747	0,963	1,139	0,789	1,021	1,139	0,841			
0,732	1,091	0,636	0,790	1,108	0,671	0,848	1,122	0,707	0,906	1,130	0,747	0,964	1,139	0,790	1,022	1,139	0,842			
0,733	1,092	0,637	0,791	1,109	0,672	0,849	1,123	0,708	0,907	1,131	0,748	0,965	1,139	0,791	1,023	1,139	0,843			
0,735	1,092	0,638	0,792	1,109	0,673	0,850	1,123	0,709	0,908	1,131	0,749	0,966	1,139	0,792	1,024	1,139	0,844			
0,736	1,093	0,638	0,794	1,109	0,673	0,851	1,123	0,709	0,909	1,131	0,750	0,967	1,139	0,793	1,025	1,139	0,845			
0,737	1,093	0,639	0,795	1,109	0,674	0,853	1,123	0,710	0,910	1,131	0,750	0,968	1,139	0,794	1,026	1,139	0,846			
0,738	1,093	0,640	0,796	1,110	0,674	0,854	1,123	0,711	0,912	1,131	0,751	0,969	1,139	0,795	1,027	1,139	0,847			
0,739	1,094	0,640	0,797	1,110	0,675	0,855	1,123	0,712	0,913	1,132	0,752	0,970	1,139	0,796	1,028	1,139	0,848			
0,740	1,094	0,641	0,798	1,110	0,676	0,856	1,123	0,712	0,914	1,132	0,753	0,972	1,139	0,797	1,029	1,139	0,849			
0,741	1,094	0,642	0,799	1,111	0,676	0,857	1,124	0,713	0,915	1,132	0,753	0,973	1,139	0,798	1,031	1,139	0,850			
0,742	1,095	0,642	0,800	1,111	0,677	0,858	1,124	0,714	0,916	1,132	0,754	0,974	1,139	0,799	1,032	1,139	0,851			
0,743	1,095	0,643	0,801	1,111	0,678	0,859	1,124	0,715	0,917	1,133	0,755	0,975	1,139	0,800	1,033	1,138	0,853			
0,744	1,095	0,644	0,802	1,111	0,678	0,860	1,124	0,715	0,918	1,133	0,756	0,976	1,139	0,800	1,034	1,138	0,854			
0,745	1,096	0,644	0,803	1,112	0,679	0,861	1,124	0,716	0,919	1,133	0,756	0,977	1,139	0,801	1,035	1,137	0,856			
0,746	1,096	0,645	0,804	1,112	0,680	0,862	1,124	0,717	0,920	1,133	0,757	0,978	1,139	0,802	1,036	1,137	0,857			
0,747	1,096	0,645	0,805	1,112	0,680	0,863	1,125	0,718	0,921	1,133	0,758	0,979	1,139	0,803	1,037	1,136	0,859			
0,749	1,097	0,646	0,806	1,113	0,681	0,864	1,125	0,718	0,922	1,134	0,758	0,980	1,139	0,804	1,038	1,136	0,860			
0,750	1,097	0,647	0,807	1,113	0,682	0,865	1,125	0,719	0,923	1,134	0,759	0,981	1,139	0,805	1,039	1,135	0,862			
0,751	1,098	0,647	0,809	1,113	0,682	0,866	1,125	0,720	0,924	1,134	0,760	0,982	1,139	0,806	1,040	1,135	0,863			
0,752	1,098	0,648	0,810	1,113	0,683	0,868	1,125	0,721	0,925	1,134	0,761	0,983	1,139	0,807	1,041	1,134	0,864			
0,753	1,098	0,649	0,811	1,114	0,684	0,869	1,125	0,721	0,927	1,135	0,761	0,984	1,139	0,808	1,042	1,134	0,866			
0,754	1,099	0,649	0,812	1,114	0,684	0,870	1,125	0,722	0,928	1,135	0,762	0,986	1,139	0,809	1,043	1,133	0,867			

ANNEXE D Classification des sols selon UIC

Classe de qualités des sols	Classification des sols (identification géotechnique)
QS0 : Sols impropres	<p>0.1 sols organiques.</p> <p>0.2 sols fins (comportant plus de 15% de fines) foisonné, humides et donc non compactables.</p> <p>0.3 sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse)</p> <p>0.5 sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels par exemple).</p> <p>0.6 sols mixtes « minéraux organique ».</p>
QS1 : Sols médiocres	<p>1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (sauf sols 0.2).</p> <p>1.2 Roches très évolutives par exemple : - Craies de $\rho_d < 1.7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité forte – Marnes - Schistes altérés.</p> <p>1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2).</p> <p>1.4 Roches évolutives par exemple : - Craies de $\rho_d < 1.7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité faible - Schistes non altérés.</p> <p>1.5 Roches tendres par exemple : Si Microdeval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles LA>40.</p>
QS2 : Sols moyens	<p>2.1 Sol comportant de 5 à 15% de fines.</p> <p>2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes ($C_u \leq 6$).</p> <p>2.3 Roches moyennement dures par exemple : Si $25 < \text{MDE} \leq 40$ et $30 < \text{LA} < 40$.</p>
QS3 : Bons sols	<p>3.1 Sols comportant moins de 5% de fines</p> <p>3.2 Roches dures par exemples : Si $\text{MDE} \leq 25$ et $\text{LA} \leq 30$</p>

ANNEXE E Les épaisseurs minimales de la couche d'assise

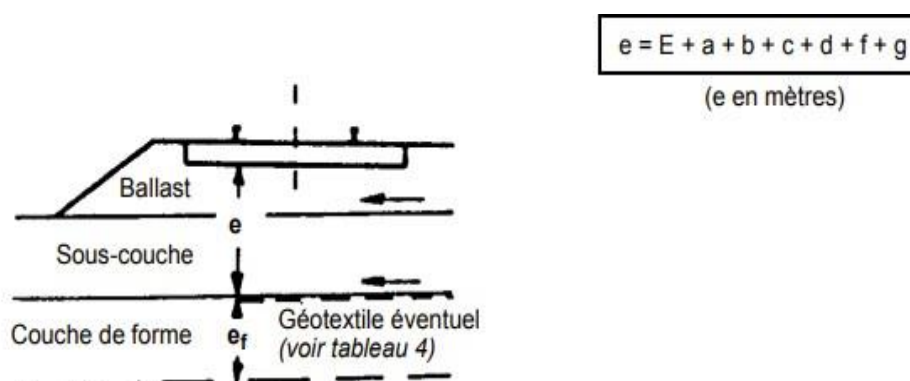


Fig. 9 - Calcul de l'épaisseur minimale "e" des couches d'assise

E	= 0,70 m	pour les plates-formes de classe de portance P1 ^a
E	= 0,55 m	pour les plates-formes de classe de portance P2 ^a
E	= 0,45 m	pour les plates-formes de classe de portance P3 ^a
a	= 0	pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V > 160 km/h, quel que soit le groupe UIC) ^b
a	= - 0,05 m	pour les groupes UIC 3 et 4 ^b
a	= - 0,10 m	pour les groupes UIC 5 et 6 ^b
b	= 0	pour les traverses bois de longueur 2,60 m
b	= $\frac{2,50 - L}{2}$	pour les traverses béton de longueur L (b en m, L en m, b peut être négatif si L > 2,50 m)
c	= 0	pour un dimensionnement normal
c	= - 0,10 m	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autres que "7, 8, 9 sans voyageur" ^b
d	= 0	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 kN
d	= + 0,05 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 kN
d	= + 0,12 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 kN
f	= 0	pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 km/h et pour les plates-formes de portance P3 des lignes parcourues à grande vitesse ^a
f	= + 0,05 m	pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse ^a
f	= + 0,10 m	pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse ^a
g	= +	géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2 ^c
g	= 0	(pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3 ^c

a. Les classes de portance des plates-formes sont définies au tableau 4.

b. Les groupes UIC sont définis dans la fiche n° 714 (édition du 01.01.89) (voir Bibliographie).

c. Les classes de qualité des sols sont définies au tableau 3.

ANNEXE F Vérification de la stabilité de projet avec logiciel Talren v5

Données du projet

Numéro d'affaire : 16-05-2024

Titre du calcul : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Lieu : stabilité de talus en Remblai PK37+100

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Couche d'assise		22,0	45,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Remblai technique		20,0	35,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Couche limon sable grossier		17,0	29,92	68,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Couche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Remblai technique		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Couche limon sable grossier		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	-0,000	0,000	2	-7,370	4,968	3	-9,370	5,048	4	-20,620	12,548	5	-22,620	12,628	6	-33,870	20,128
7	-35,870	20,208	8	-47,120	27,708	9	-47,599	28,027		-47,918	28,240	11	-48,237	28,452	12	-50,264	28,534
	-51,249	29,190		-54,625	29,191		-55,357	28,704		-56,237	28,668		-56,557	28,456	18	-56,876	28,243
	-57,354	27,924		-68,604	20,424	21	-70,604	20,344		-81,854	12,844		-83,854	12,764	26	-6,985	0,199
27	-20,620	0,652		-22,620	0,719	29	-32,034	1,032		-38,931	2,086	31	-54,042	6,745	32	-68,604	9,189
	-84,043	12,638		-54,937	28,720		-54,937	28,520		-54,937	28,320		-54,937	28,020		-101,270	13,000
40	18,500	0,153															

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
	1	2		2	3		3	4		4	5		5	6		6	7		7	8
8	8	9		9	10		10	11		11	12		12	13		13	14		14	15
15	15	16		16	17		17	18		18	19		19	20		20	21		21	22
22	22	23		23	33		24	33		25	1		26	27		27	28		28	29
29	29	30		30	31		31	32		32	33		33	15		34	35		35	12
36	36	10		37	18		38	37		39	19		40	38		41	1		40	

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge ferroviare	-54,116	29,191	55,1	-51,671	29,190	55,1	90,00



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données de la situation 1

Nom de la phase : Profil PK37+100-Remblais

Nom de la situation : Stabilité PK37+100

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_a,clou$	1,000	$\Gamma_a,tirant$	1,000	$\Gamma_a,bande$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 2,500

Abscisse émergence limite aval : -54,407

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -0,000; Y= 0,000

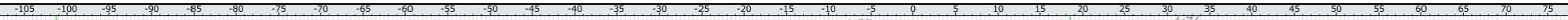
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

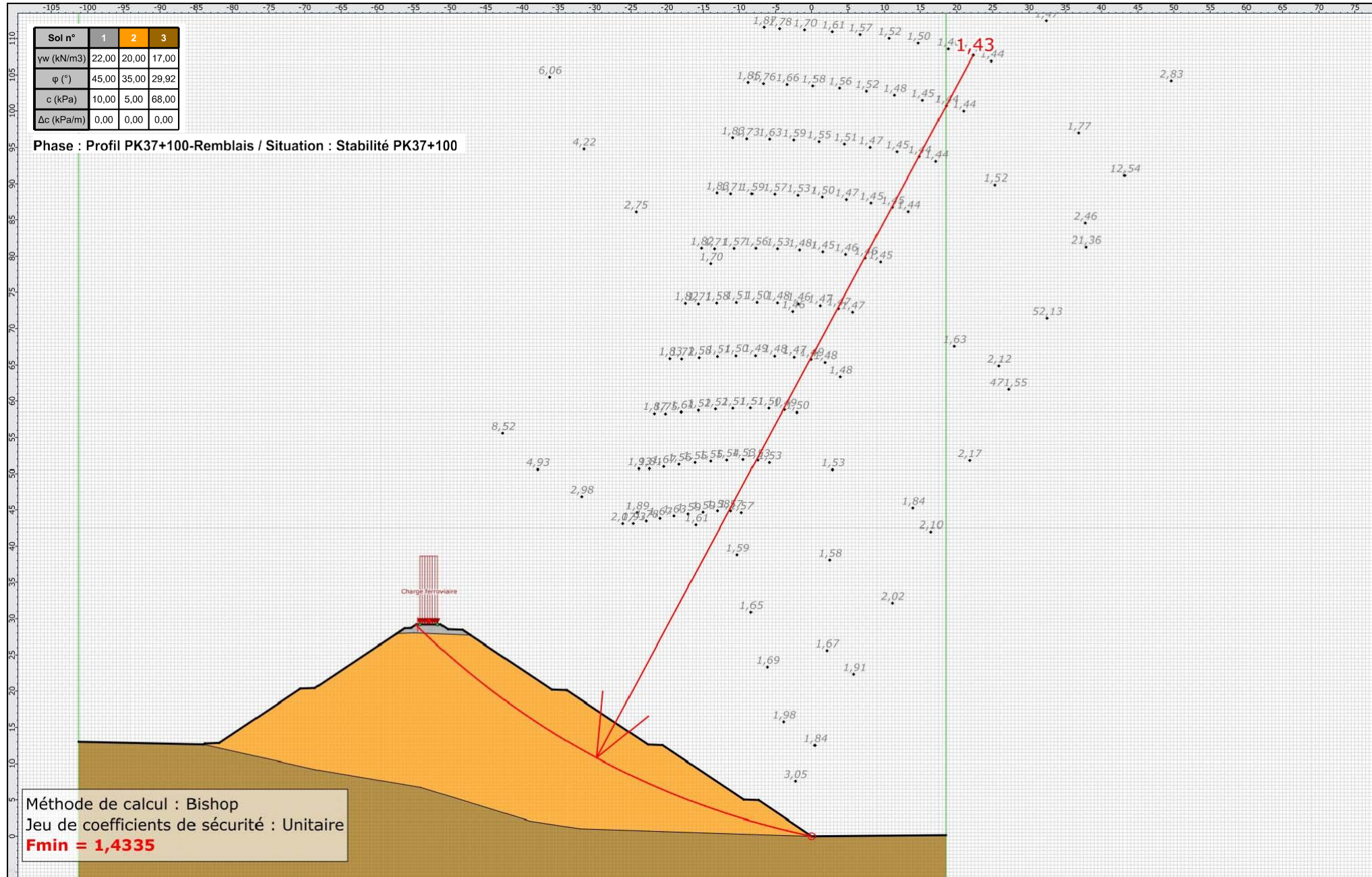
Coefficient de sécurité minimal : 1,4335

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 477; X0= 22,29; Y0= 107,70; R= 109,97



Sol n°	1	2	3
γw (kN/m ³)	22,00	20,00	17,00
φ (°)	45,00	35,00	29,92
c (kPa)	10,00	5,00	68,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Profil PK37+100-Remblais / Situation : Stabilité PK37+100



Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire
Fmin = 1,4335



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données du projet

Numéro d'affaire : 16-05-2024

Titre du calcul : Ligne ferroviare MOSTAGANEM

Lieu : stabilité de talus en Remblai PK37+650

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Couche d'assise		22,0	45,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Remblai technique		20,0	35,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Couche limon sable grossier		17,0	29,92	68,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Couche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Remblai technique		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Couche limon sable grossier		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	-0,000	0,000	2	-7,933	5,289	3	-9,933	5,369	4	-21,183	12,869	5	-23,183	12,949	6	-34,433	20,449
7	-36,433	20,529	8	-47,683	28,029	9	-48,162	28,348		-48,481	28,561	11	-48,800	28,773	12	-50,827	28,854
	-51,812	29,511		-55,188	29,512		-55,920	29,024		-56,800	28,989		-57,119	28,776	18	-57,438	28,564
	-57,917	28,245		-69,167	20,745	21	-71,167	20,665		-80,004	14,773		-61,137	10,525	24	-40,253	6,690
25	-39,157	6,033	26	-34,565	6,033	27	-30,209	4,071		-28,605	3,834	29	-25,425	3,783	30	-20,042	3,473
31	-0,491	0,074		-55,500	29,041		-55,492	28,842		-55,500	28,641		-55,512	28,342		-123,500	14,500
41	57,500	0,000															

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
	1	31	2	31	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	5	6	7	6	7
8	7	8	9	8	9	10	9	10	11	10	11	12	11	12	13	12	13	14	13	14
15	14	15	16	15	16	17	16	17	18	17	18	19	18	19	20	19	20	21	20	21
22	21	22	24	22	23	25	23	25	26	25	26	27	26	27	28	27	28	29	28	29
30	29	30	31	30	31	32	1	41	33	22	40	34	15	32	35	32	12	36	17	33
37	33	10	38	18	37	39	37	9	40	19	38	41	38	8						

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge ferroviaire	-54,779	29,512	55,1	-52,500	29,511	55,1	90,00



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données de la situation 1

Nom de la phase : Profil PK37+650-Remblais

Nom de la situation : Stabilité PK37+650

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ'_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_a,clou$	1,000	$\Gamma_a,tirant$	1,000	$\Gamma_a,bande$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 2,500

Abscisse émergence limite aval : -55,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -0,491; Y= 0,074

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans Couche limon sable grossier

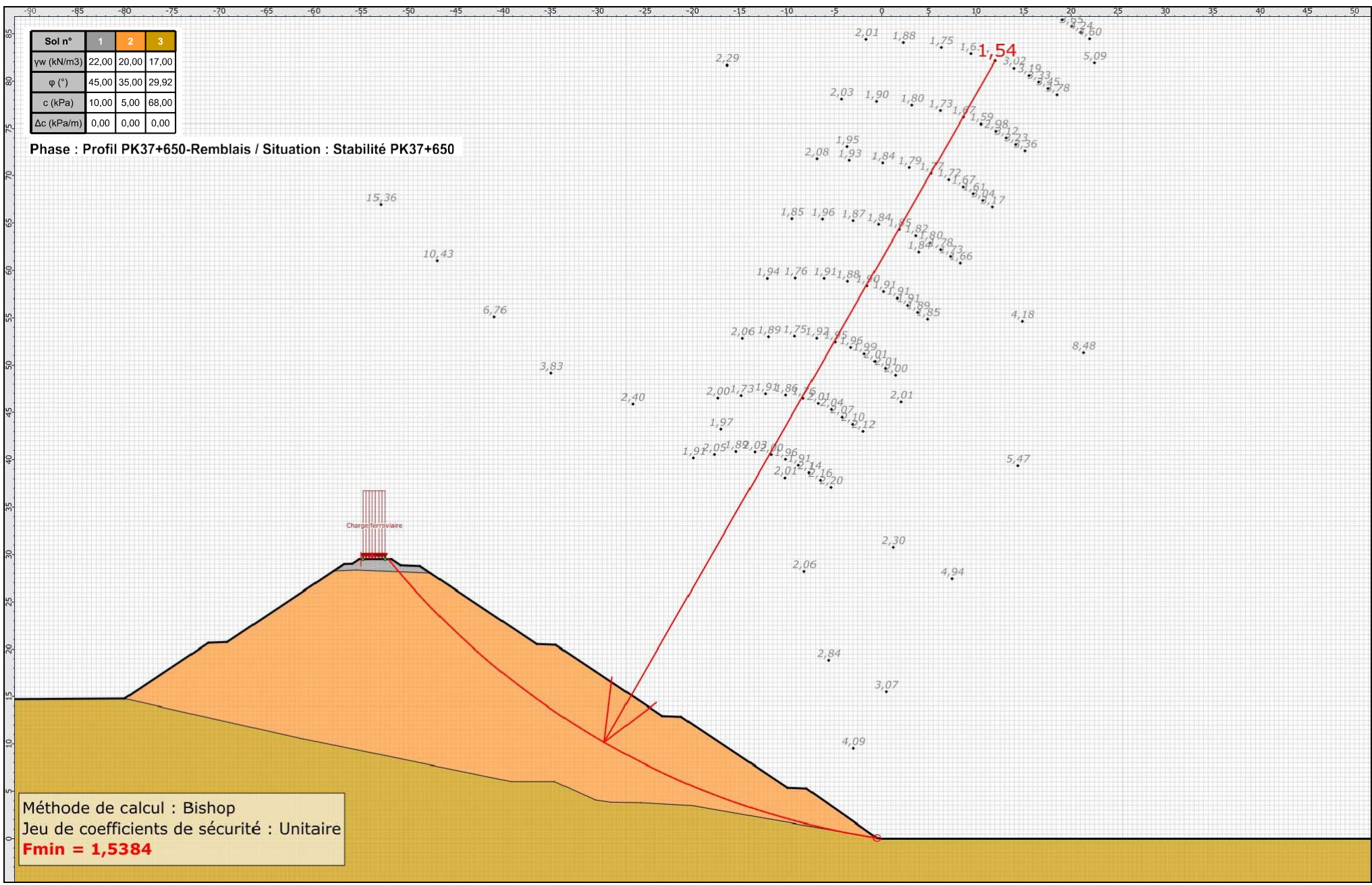
Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,5384

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 503; X0= 12,03; Y0= 82,12; R= 82,99

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m3)	22,00	20,00	17,00
φ (°)	45,00	35,00	29,92
c (kPa)	10,00	5,00	68,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Profil PK37+650-Remblais / Situation : Stabilité PK37+650



Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire
Fmin = 1,5384



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa
 Projet : ligne ferroviaire MOSTAGANEM

Projet : Ligne ferroviaire MOSTAGANEM

Données du projet

Numéro d'affaire : 16-05-2024

Titre du calcul : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Lieu : stabilité de talus en Remblai PK47+450

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Couche d'assise		22,0	45,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Remblai technique		20,0	35,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Couche limon sable grossier		17,0	29,92	68,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Couche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Remblai technique		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Couche limon sable grossier		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-0,000	0,000	2	-7,374	4,916	3	-7,852	5,235	4	-8,171	5,448	5	-8,490	5,660	6	-10,516	5,741
7	-11,501	6,398	8	-14,875	6,399	9	-15,606	5,911	10	-16,486	5,876	11	-16,805	5,663	12	-17,124	5,451
13	-17,603	5,132	14	-23,902	0,932	16	-8,490	0,063	17	-11,978	0,088	18	-18,351	0,376	19	-15,187	5,228
20	-15,187	5,528	21	-15,179	5,728	22	-15,187	5,928	23	-41,500	1,000	24	15,500	0,000	25	-50,000	1,000

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8
8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	23
15	1	16	16	16	17	17	17	18	18	18	14	19	9	22	20	22	6	21	11	21
22	21	4	23	12	20	24	20	3	25	13	19	26	19	2	27	1	24	28	23	25

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge ferroviaire	-14,500	6,399	55,1	-11,927	6,398	55,1	90,00

Données de la situation 1

Nom de la phase : Profil PK47+450-Remblais

Nom de la situation : Stabilité PK47+450

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_a,clou$	1,000	$\Gamma_a,tirant$	1,000	$\Gamma_a,bande$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 2,500

Abscisse émergence limite aval : -14,875

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -0,000; Y= 0,000

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

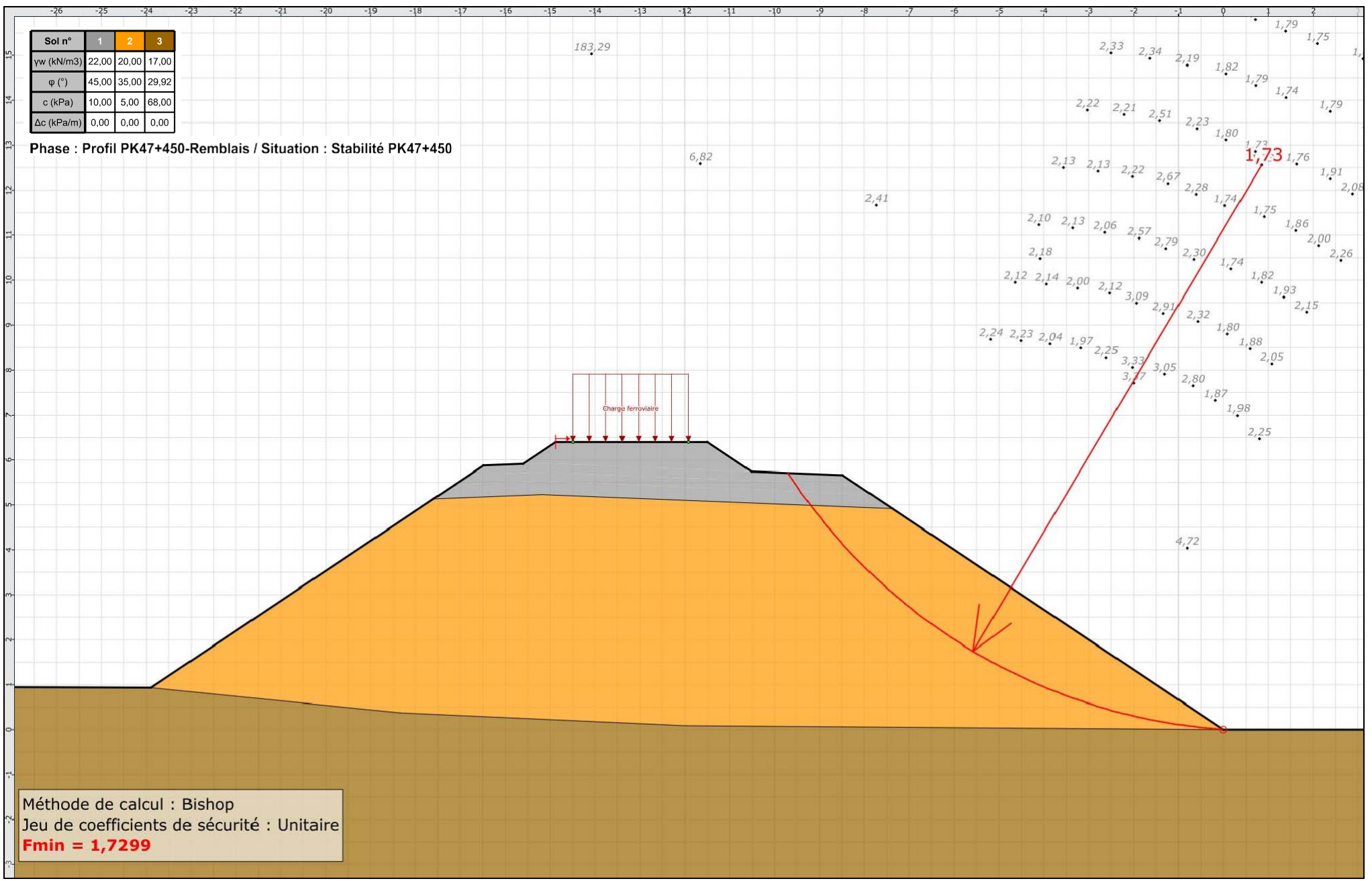
Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,7299

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 27; X0= 0,85; Y0= 12,56; R= 12,58

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m3)	22,00	20,00	17,00
φ (°)	45,00	35,00	29,92
c (kPa)	10,00	5,00	68,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Profil PK47+450-Remblais / Situation : Stabilité PK47+450



Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire
Fmin = 1,7299



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa
 Projet : ligne ferroviaire MOSTAGANEM

Projet : ligne ferroviaire MOSTAGANEM

Données du projet

Numéro d'affaire : 16-05-2024

Titre du calcul : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Lieu : stabilité de talus en Déblai PK47+050

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Couche d'assise		22,0	45,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Couche limon sable grossier		17,0	29,92	68,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Couche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Couche limon sable grossier		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	0,000	0,000	2	1,364	-1,364	3	1,664	-1,376	4	2,264	-1,976	5	2,846	-1,976	6	3,446	-1,376
7	3,746	-1,364	8	4,225	-1,045	9	4,544	-0,832		4,863	-0,619		6,890	-0,538		7,875	0,119
	11,251	0,120	14	11,983	-0,368	15	12,863	-0,403	16	13,183	-0,616	17	13,502	-0,829		13,981	-1,148
	14,277	-1,160		14,871	-1,753		15,453	-1,753	22	16,053	-1,153	23	16,353	-1,141		17,762	0,268
	11,563	-1,051	26	11,563	-0,751	27	11,563	-0,551	29	12,063	-0,090	30	11,563	-0,351		32,500	0,500
32	-23,500	0,000															

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
	1	2		2	3		3	4		4	5		5	6		6	7		7	8
8	8	9		9	10		10	11		11	12		12	13		13	14		14	15
15	15	16		16	17		17	18		18	19		19	20		20	21		21	22
22	22	23		23	24		24	31		25	1		32	26		14	30		27	30
29	27	9		30	8		31	26		32	18		25	7						



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données de la situation 1

Nom de la phase : Profil PK47+050-Déblai

Nom de la situation : Stabilité PK47+050

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_a,clou$	1,000	$\Gamma_a,tirant$	1,000	$\Gamma_a,bande$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 2,500

Abscisse émergence limite aval : -5,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 2,264; Y= -1,976

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Couche d'assise

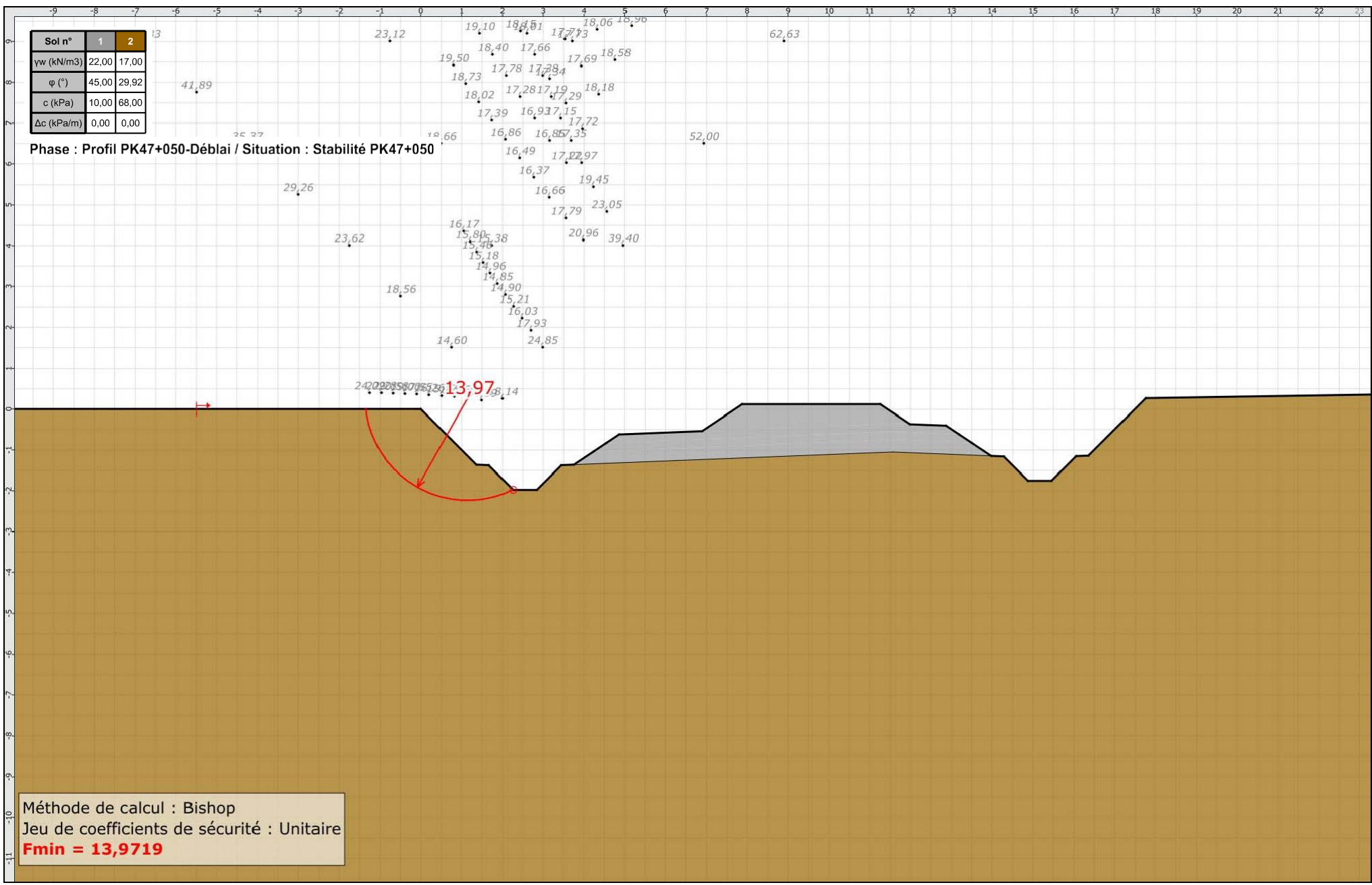
Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 13,9719

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 242; X0= 1,15; Y0= 0,27; R= 2,51

Sol n°	1	2
γw (kN/m3)	22,00	17,00
φ (°)	45,00	29,92
c (kPa)	10,00	68,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Profil PK47+050-Déblai / Situation : Stabilité PK47+050



Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire
Fmin = 13,9719



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa
 Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données du projet

Numéro d'affaire : 16-05-2024

Titre du calcul : Ligne ferroviare MOSTAGANEM

Lieu : stabilité de talus en Deblai PK42+050

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Couche d'assise		22,0	45,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Couche limon sable grossier		17,0	29,92	68,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Couche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Couche limon sable grossier		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	0,000	0,000	2	5,545	-5,545	3	5,845	-5,557	4	6,445	-6,157	5	7,027	-6,157	6	7,627	-5,557
7	7,927	-5,545	8	8,405	-5,226	9	8,724	-5,013		9,043	-4,801		11,069	-4,720	12	12,054	-4,063
13	15,428	-4,062	14	16,159	-4,550	15	17,039	-4,585	16	17,358	-4,797		17,677	-5,010	18	18,156	-5,329
19	18,445	-5,334	20	19,046	-5,934		19,627	-5,934	22	20,227	-5,334		20,527	-5,334	24	24,518	-1,331
30	15,740	-4,533		15,740	-4,733	32	15,740	-4,933	33	15,740	-5,232	34	-18,500	-0,002	35	45,500	-1,500
36	50,000	-1,000															

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2																	
	34	1		2	1		2	3		3	2		3	4		4	3		4	5		5	6		6	5		6	7		7	6		7	6		7
8	7	8		9	8		9	10		9	10		11	10		11	11		12	11		12	13		13	12		14	13		14	13		14			
15	14	15		16	15		16	17		16	17		18	17		18	17		19	18		19	20		20	19		21	20		21	20		21			
22	21	22		23	22		23	24		23	24		25	24		25	24		26	35		36	27		14	30		28	30		11						
29	16	31		30	31		9	31		17	32		32	32		8	33		18	33		34	33		7												



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données de la situation 1

Nom de la phase : Profil PK37+650-Deblai

Nom de la situation : Stabilité PK42+050

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_a,clou$	1,000	$\Gamma_a,tirant$	1,000	$\Gamma_a,bande$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 2,500

Abscisse émergence limite aval : -8,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 5,545; Y= -5,545

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

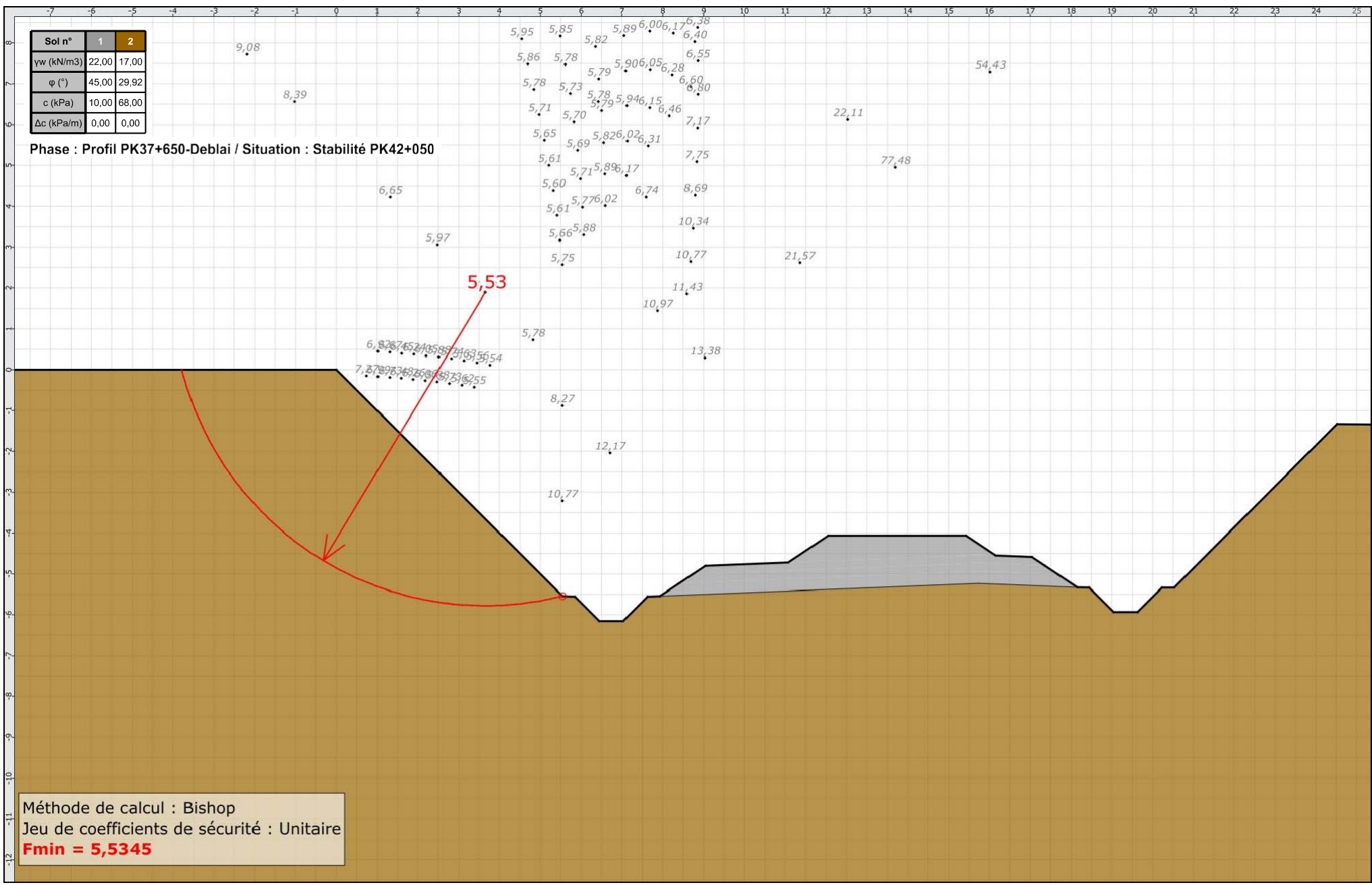
Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 5,5345

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 139; X0= 3,65; Y0= 1,89; R= 7,67

Sol n°	1	2
γw (kN/m3)	22,00	17,00
φ (°)	45,00	29,92
c (kPa)	10,00	68,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Profil PK37+650-Deblai / Situation : Stabilité PK42+050



Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire
Fmin = 5,5345



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : Ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données du projet

Numéro d'affaire : 16-05-2024

Titre du calcul : Ligne ferroviare MOSTAGANEM

Lieu : stabilité de talus en Déblai PK40+400

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Couche d'assise		25,0	45,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Couche limon sable grossier		17,0	29,92	68,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Couche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Couche limon sable grossier		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	0,000	0,000	2	5,532	-5,532	3	5,832	-5,544	4	6,432	-6,144	5	7,014	-6,144	6	7,614	-5,544
7	7,914	-5,544	8	8,393	-5,213	9	8,712	-5,001		9,031	-4,788		11,056	-4,707		12,041	-4,051
	15,415	-4,050		16,147	-4,537		17,027	-4,572	16	17,346	-4,785		17,644	-4,984		18,143	-5,317
	18,433	-5,317	20	19,033	-5,922		19,615	-5,922	22	20,215	-5,322	23	20,515	-5,310		24,484	-1,340
	15,727	-5,220	26	15,739	-4,921		15,727	-4,720	28	15,727	-4,520	30	50,000	-1,000		-27,500	0,000
32	-27,500	-0,002															

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
	1	2		2	3		3	4		4	5		5	6		6	7		7	8
8	8	9		9	10		10	11		11	12		12	13		13	14		14	15
15	15	16		16	17		17	18		18	19		19	20		20	21		21	22
22	22	23		23	24		24	30		25	1		31	26		14	28		27	28
29	27	9		30	17		26	8		32	18		25	7		34	31		32	

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge ferroviare	12,500	-4,051	55,1	15,000	-4,050	55,1	90,00



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa

Projet : ligne ferroviare MOSTAGANEM

Données de la situation 1

Nom de la phase : Profil PK37+650-deblai

Nom de la situation : Stabilité PK37+650

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ'_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_a,clou$	1,000	$\Gamma_a,tirant$	1,000	$\Gamma_a,bande$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 2,500

Abscisse émergence limite aval : -8,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 5,532; Y= -5,532

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Couche d'assise

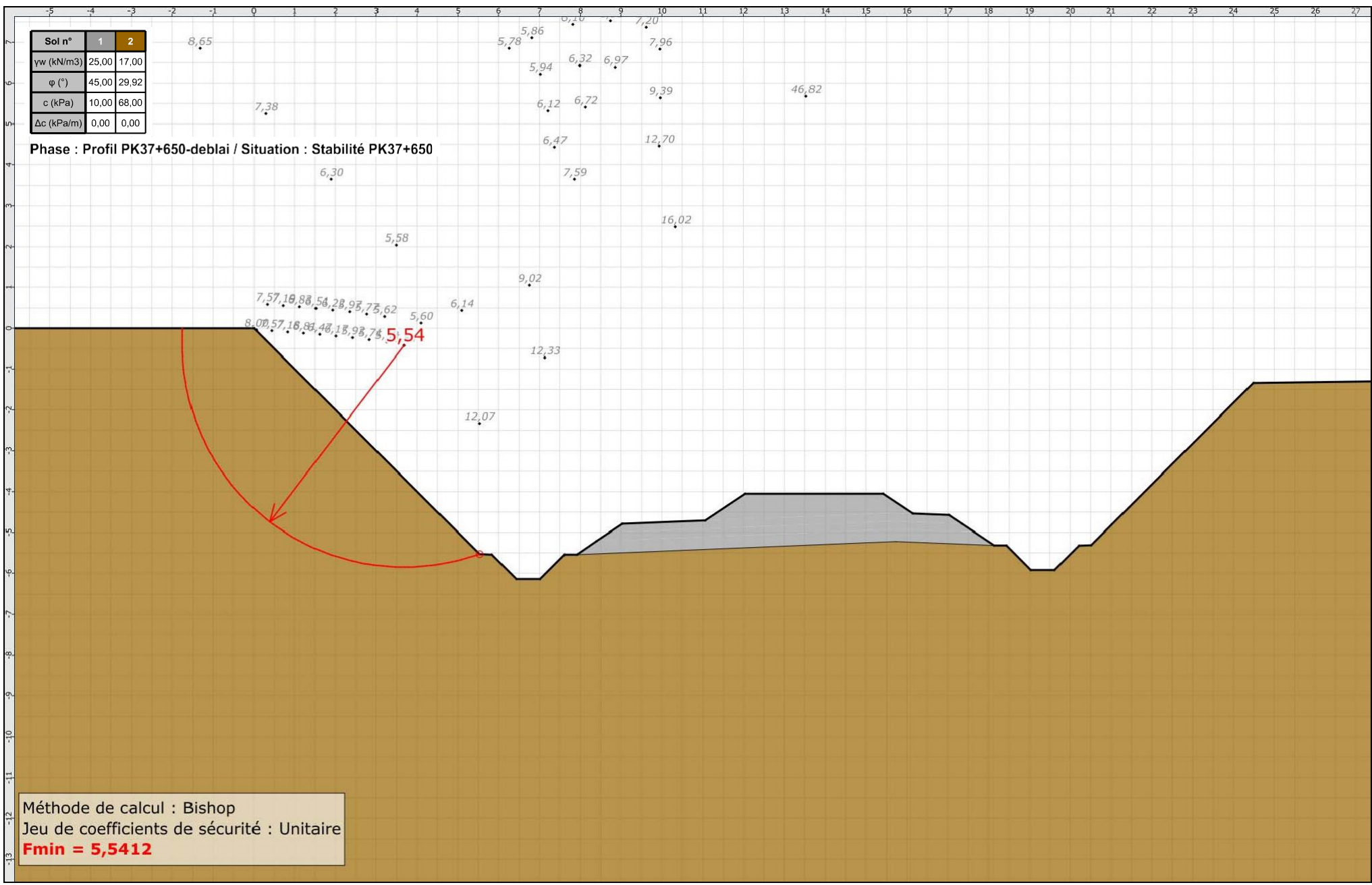
Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 5,5412

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 317; X0= 3,68; Y0= -0,42; R= 5,43

Sol n°	1	2
γw (kN/m3)	25,00	17,00
φ (°)	45,00	29,92
c (kPa)	10,00	68,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Profil PK37+650-deblai / Situation : Stabilité PK37+650



Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Unitaire
Fmin = 5,5412



Talren v5
v5.2.5

Calcul réalisé par : ABDI Abdellah / HAFSAOUI Maissa
Projet : ligne ferroviaire MOSTAGANEM

Projet : Ligne ferroviare MOSTAGANEM